DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zehnter Jahrgang. 17. März 1922. Heft 11.

## Die Anwendung von Reinkulturen der Mikroorganismen in Industrie und Landwirtschaft.

*Von Otto Rahn, Kiel.*

In einem uns unbekannten Zeitalter fing der Mensch an, zielbewußt Pflanzen anzubauen. Nicht weit von diesen Zeiten muß der Zeitpunkt liegen, wo der Mensch auch Mikroorganismen planmäßig fortzüchtete. Als erste Mikroorganismen des menschlichen Haushalts sind wohl die Sauerteig- und Kumysbakterien, vielleicht auch die Essigmutter anzusehen. Man muß diese Bakterien genau so wie die Getreidearten als Kulturpflanzen betrachten, wenn auch ihre Pflanzennatur den Menschen erst in neuester Zeit klar wurde.

Zu den seit grauer Vorzeit bekannten Getreide- und Obstarten sind nun im Lauf der Jahrhunderte und Jahrtausende neue Kulturpflanzen gekommen, und zwar entweder durch Einführung aus fernen Ländern (Mais, Kartoffeln, Sojabohne) oder durch Hochzüchtung aus einheimischen, wildwachsenden Pflanzen (Rotklee, Möhren, Wicken). Auf dieselbe Weise ist der Kreis der Kulturmikroorganismen vermehrt worden; die Bierhefe, die Bäckerhefe, die Rahmreifungskulturen für die Butterbereitung sind aus wilden Urformen gezüchtet; auch aus fernen Ländern hat man Kulturmikroorganismen eingeführt, so z. B. die Amylomycespilze zur Stärkeverzuckerung aus Ostasien, die Joghurtbakterien aus der Türkei. Die zunehmende naturwissenschaftliche Erkenntnis der letzten 50 Jahre hat beiden Gruppen von Kulturpflanzen zu immer erfolgreicherer Züchtung verholfen. Das Studium der Vererbungsgesetze hat die Züchtung ertragreichster Getreide-, Rüben- und Kartoffelsorten außerordentlich gefördert. Bei den Mikroorganismen ist der größte Fortschritt erst durch die Vervollkommnung der bakteriologischen Technik ermöglicht worden.

Man darf bei dem Vergleich zwischen Kulturpflanzen und Kleinlebewesen nicht vergessen, daß die wissenschaftliche Bakteriologie noch keine hundert Jahre alt ist. Wenn auch *Leeuwenhoek* als erster schon 1683 Bakterien sah und beschrieb, so blieben dieselben doch bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nur animalcula curiosa, seltsame Tierchen, und niemand ahnte ihre Bedeutung für den Kreislauf des Stoffs in der Natur, ihre Notwendigkeit für die Fortdauer alles Lebens auf der Erde, niemand vermutete in ihnen die Ursache aller Fäulnis, Gärung und Säuerung, alles Verwesens und Vermoderns. Um 1840 erst sprachen die Botaniker *Kützing* und *Schwann* ziemlich klar diese Vermutung aus, und 1857 brachte *Pasteur* den exakten analytischen Beweis dafür, daß die Alkoholgärung ein Lebensvorgang der Hefe sei, der dem Atmen der Tiere entspricht. Bald darauf folgten seine Untersuchungen über die Bakterien der Essiggärung, der Milchsäuregärung und der Fäulnis.

Die neue Erkenntnis brach sich nur langsam Bahn. Nicht nur stieß die biologische Gärungstheorie auf schärfsten Widerspruch bei den Chemikern, namentlich bei *Liebig*, sondern es waren auch erhebliche technische Schwierigkeiten zu überwinden. Man mußte erst mühsam die Hilfsmittel erdenken, um mit diesen kleinsten aller Lebewesen umgehen zu können. So kam erst im Jahre 1881 *Robert Koch* auf den Gedanken, mit Hilfe von schmelzbaren Gelatinenährböden Reinkulturen von Bakterien zu erhalten. So einfach dies Hilfsmittel auch war, so wichtig war es doch, denn die Natur arbeitet nie mit Reinkulturen, und die bisherigen Versuche zur Reinzüchtung aus natürlichen Bakteriengemischen waren höchst mühsam in der Durchführung und unsicher im Erfolg gewesen. 1881 kommen wir also in das Zeitalter der Reinkulturen, und schon im selben Jahre beginnt der dänische Forscher *Hansen* seine Reinzüchtungen von Brauereihefen, welche allmählich die gesamte Brauindustrie der Welt beeinflußten. 1890 begannen *Storch* in Dänemark und *Weigmann* in Kiel ihre Versuche mit der Anwendung von Reinkulturen der Milchsäurebakterien zur Rahmreifung. Auch dieses Verfahren ist mit Erfolg gekrönt worden, und alle großen und mittleren Molkereien Deutschlands bereiten jetzt ihre Butter mit Reinkulturen. Einige Jahre darauf begann *Caron* in Ellenbach seine Versuche mit Reinkulturen von Bodenbakterien. Seine Anstrengungen zur Einführung des Bacillus Ellenbachensis sowie auch die Bemühungen der Höchster Farbwerke um die praktische Anwendung von Knöllchenbakterien für Leguminosen blieben aber zunächst ziemlich erfolglos. Den unermüdlichen Forschungen *Hiltners* und anderer Bodenbakteriologen ist es aber schließlich doch gelungen, die Knöllchenbakterien als einen zuverlässig wirkenden Impfstoff herzustellen, der heutzutage jedem Landwirt bekannt ist. Nun folgen in den letzten 20 Jahren die Anwendungen von Reinkulturen in Landwirtschaft und Gewerbe immer schneller. Um eine geordnete Übersicht zu ermöglichen, sollen hier die Industrien nacheinander aufgezählt werden.

Ganz allgemein hat die Anwendung von Reinkulturen bei technischen Gärungen den Zweck,

einen normalen Verlauf der Gärung zu sichern, fremde Bakterienarten zu unterdrücken und auch weniger wirksame Rassen der richtigen Gärungserreger zu verdrängen. Soll der Erfolg sicher sein, so ist es nötig, die natürliche Bakterienflora zu vernichten. Dies geschieht gewöhnlich durch Erhitzen; so wird z. B. die Bierwürze kräftig gekocht, ehe man die Hefe zugibt; der Rahm zur Butterbereitung wird pasteurisiert, ehe man die Rahmreifungskultur hineinmischt. Dagegen kann der Erdboden vor dem Beimpfen mit Knöllchenbakterien nicht keimfrei gemacht werden. Gurken und Kohl kann man vor dem Einsäuern nicht erhitzen. Man hilft sich bei den Gärungen dann dadurch, daß man durch starke Beimpfung mit einem kräftigen Gärungserreger einen schnellen und sicheren Verlauf der Gärung bewirkt.

Die *Alkoholgärungsgewerbe* sind in der Anwendung von Reinkulturen am weitesten fortgeschritten. Hierfür sind drei Punkte maßgebend gewesen. Die Eignung des Brauerei- und Brennereibetriebs zur Großindustrie bringt es von vornherein mit sich, daß mit den modernsten Hilfsmitteln gearbeitet wird. Dann ist die Erhitzung des Brauguts und die Beimpfung mit Hefe von jeher notwendig gewesen, so daß die Einführung von Reinhefen keine Umstellung des Arbeitsverfahrens, sondern nur eine Verbesserung ohne Betriebsumänderung bedeutete. Schließlich ist die Gefahr unreiner Gärungen hier ungewöhnlich groß, da für die in Frage kommenden Flüssigkeiten die Alkoholgärung nicht die natürliche Zersetzungsart ist. Für jeden durch Mikroorganismen angreifbaren Stoff gibt es einen besonderen Typus der Zersetzung, der ihm natürlich ist. Dieser Typus wird in erster Linie von dem Gehalt des Gärmaterials an Säure, Zucker und Stärke bedingt. Fehlen Säure, Zucker und Stärke, so tritt Fäulnis ein. Fehlt Säure bei Gegenwart von Zucker oder Stärke, so tritt Säurebildung ein. Bei Gegenwart von Säure und Zucker ist die Alkoholgärung der normale Zersetzungstypus. Die Bierwürze enthält keine Säure, aber Zucker. Die natürliche Zersetzungsart ist also die Säuerung. Dasselbe gilt für die Kartoffel- und Getreidemaischen der Brennereien. Wenn man in einen Behälter mit ungehopfter Würze oder Kartoffelmaische ein natürliches Bakteriengemisch hineinbringt, z. B. Erde oder Grabenwasser, so wird nicht Alkoholgärung, sondern Säuerung eintreten. Deshalb wird der Bierwürze Hopfen zugesetzt, dessen Öl ein Gift für Milchsäurebakterien ist.

Wohl alle Brauereien benutzen jetzt Reinhefen, die sie entweder selbst züchten oder von besonderen Hefezuchtanstalten kaufen. Da die Hefe sich während der Gärung stark vermehrt und dann wieder absetzt, so gewinnt die Brauerei stets mehr Hefe als sie anstellt. Die Satzhefe wird weiter benutzt, solange sie rein bleibt. Sobald man mikroskopisch oder durch einen ungewöhnlichen Verlauf der Gärung Verunreinigung durch fremde Mikroorganismen feststellt, wird sofort von der im Laboratorium aufbewahrten Reinzucht neue Hefe angesetzt.

Die Brennereien müssen die Maische, d. h. den Brei von gedämpften Kartoffeln oder Getreide, erst längere Zeit mit Malz stehen lassen, um die Stärke in Zucker umzuwandeln, ehe die Hefe zugesetzt wird. Dabei setzen unliebsame Gärungen ein, besonders die Buttersäuregärung, welche leicht flüchtige Nebenprodukte liefert. Man bekämpft die Buttersäurebakterien oft durch einen Zusatz von besonderen Mischsäurebakterien (Bacterium Delbrücki), welche noch bei den hohen Wärmegraden der Maische gedeihen können. So vermeidet man die den Alkohol verunreinigenden Erzeugnisse der Buttersäurebildner, denn die Milchsäure bleibt beim Abdestillieren des Alkohols in der Maische (Schlempe) zurück.

Als Ersatz für das teure Gerstenmalz hat man aus Ostasien verschiedene Mucor- und Rhizopusarten eingeführt; diese Schimmelpilze, die man mit dem Sammelnamen *Amylomyces* bezeichnet, können Stärke verzuckern und auch zu Alkohol und Kohlensäure vergären. Das Amylomycesverfahren hat in Deutschland nicht Fuß fassen können; in Frankreich hatte es Aufnahme gefunden.

Einen neuen Triumph hat die deutsche Wissenschaft im letzten Jahre dadurch errungen, daß es *Hünlich* nach zwölfjährigem Bemühen gelungen ist, aus Rübensaft und Rückständen der Zuckerfabrikation einen deutschen Rum herzustellen, der dem echten Rum mittlerer Qualität sowohl chemisch wie im Geschmack vollkommen gleichzustellen ist (Chemikerztg. 1921, 929). Es handelt sich hier um ein recht verwickeltes Ineinanderarbeiten verschiedener Gärungen, von denen eine hauptsächlich die Aromastoffe, eine andere vorwiegend den Alkohol bildet.

Ganz im Gegensatz zu diesen künstlichen Alkoholgärungen, die nur durch Zusatz von großen Mengen von Hefen eingeleitet werden können, steht die Weingärung als natürliche Gärung. Sie verläuft ohne Hefezusatz. Jeder Weinberg hat eine ihm eigentümliche Heferasse, die durch Insekten von einer Traube zur anderen verbreitet wird. Diese Heferasse ist mitbestimmend für die Bouquetstoffe des Weins, die vorwiegend allerdings von dem Aroma der Trauben herrühren. Reinkulturen werden wenig benutzt; die Weinkellerei ist kein Großbetrieb, ist auch kein fortlaufender Betrieb, denn die Herstellung kann nur einmal im Jahre erfolgen. Eine wirksame Erhitzung des Mostes ohne Beeinträchtigung des Geschmacks ist äußerst schwierig, da der saure Most Metall angreift. Die Hauptsache aber ist doch der Umstand, daß die Weingärung die natürliche Zersetzungsart des Mostes ist, und daß sie fast immer gut gerät. Immerhin hat die Anwendung von Reinkulturen sich unter besonderen Umständen als sehr wichtig erwiesen, wenn nämlich aus irgendeinem Grunde die richtige

Gärung in dem frisch gekelterten Most ausblieb. Dann ist es wichtig, den unliebsamen Mikroorganismen durch schleunige Einleitung der Alkoholgärung die Existenzbedingungen möglichst zu verschlechtern. Die Hefe wird als best angepaßte Lebensform beim Kampf ums Dasein stets obsiegen. — Häufigere Anwendung finden die Reinkulturen bei der Obstweinbereitung; notwendig werden sie dort, wo man den Saft durch Auskochen gewinnt, wie z. B. oft bei Johannisbeeren. Es ist barbarisch, solchen Saft mit Bierhefe oder Preßhefe anzusetzen, da man von den Gärungslaboratorien hochgezüchtete Heferassen für die verschiedenen Obst- und Beerenweine erhalten kann.

Einen ganz anderen Zweck erfüllt die Alkoholgärung in der *Bäckerei*; dort ist die Kohlensäure das Haupterzeugnis, während der Alkohol beim Backen verdunstet. Zum Lockern von Gebäck eignen sich nicht die Bierhefen, sondern nur die obergärigen Hefen, also Brennereihefen. Es ist üblich, für Backzwecke besondere Hefen zu züchten, die man als technische Reinkultur unter der Bezeichnung *Preßhefe* kennt. Die zugesetzte Hefemenge ist sehr groß, und schon in kürzester Zeit setzt die Gärung ein, ehe andere Gärungserreger sich so weit vermehrt haben, daß sie schädlich wirken könnten. Die hohe Backwärme tötet dann Freund wie Feind ab, ehe eine Säuerung eintreten kann.

Das Kapitel der Reinhefen darf nicht abgeschlossen werden, ohne der *Nährhefe* zu gedenken, die während des Krieges viel von sich reden machte. Die Reklame damals war m. E. verfrüht, denn wenn die Hefe auch Ammoniak in Eiweiß umwandelt, so braucht sie dazu doch Zucker, und daran mangelte es. Trotzdem glaube ich an die Hefe als ein Volksnahrungsmittel der Zukunft. Sobald es gelingt, aus Zellstoff durch ein billiges Verfahren einen vergärbaren Zucker zu gewinnen oder einen solchen synthetisch herzustellen, sind die Voraussetzungen erfüllt. Unsere jetzige Eiweißerzeugung ist teuer und langsam. Das schnellstwachsende Fleischtier, das Kaninchen, braucht etwa ein halbes Jahr bis zur Schlachtreife, und erhöht in dieser Zeit sein Gewicht etwa auf das Fünfzigfache. Die gleiche Gewichtszunahme erreicht die Hefe in etwa 12 Stunden. An Nährwert übertrifft die Hefe alle anderen Nahrungsmittel, da sie fast ausschließlich aus leicht verdaulichem Eiweiß besteht und außerdem sich durch einen besonders hohen Gehalt an Vitaminen auszeichnet. In den Vereinigten Staaten ist das Hefeessen bereits Mode geworden, die Zeitschriften wimmeln von Hefereklame, so daß kürzlich eine Zeitung sarkastisch bemerkte: „Wenn heute ein Mann Preßhefe kauft, so ist das noch lange kein Beweis dafür, daß seine Frau Brot backen kann.“ Man versucht in Deutschland schon die Abwässer der Zuckerfabriken und Zellstoffabriken zur Hefezucht zu benützen.

Neben den Alkoholgärungsgewerben mit ihren Riesenbetrieben gibt es noch andere Gärungsgewerbe, die ebenfalls zur Anwendung von Reinkulturen übergegangen sind. Am bedeutendsten ist wohl die *Essigfabrikation*. Man gewinnt Gärungsessig verschiedenster Art, Weinessig, Obstessig, Malzessig, Bieressig, Spritessig usw. durch Oxydation des Alkohols mit Hilfe der Essigbakterien. Das älteste Verfahren zur Essiggewinnung ist das Orleansverfahren, welches für Weinessig und Obstessig auch heute noch angewendet wird. Als Impfmaterial diente früher ein besonders guter Essig oder ein Stück Essigmutter aus einem gut gärenden Fasse. Reinkulturen braucht man auch heutzutage nur dann, wenn ein neues Faß angesetzt wird oder wenn in einem alten Fasse Gärungsstörungen auftreten. Beim Schnellessigverfahren, das im Ausland das deutsche Verfahren genannt wird, ist die Anwendung von Reinkulturen schwieriger, weil die Infektionsgefahr sehr groß ist.

Eine ganz andere Art der Säurebildung lernen wir bei den Gemüsesäuerungen, z. B. Sauerkohl, sauren Gurken, Pickles, Zwiebeln usw., kennen. Die notwendigen Säuerungsbakterien sind auf den Gemüsen zwar stets vorhanden, aber manchmal doch in so geringer Anzahl, daß vor ihrer vollen Entwicklung und kräftigen Säurebildung bereits andere, schneller wachsende Arten unliebsame Zerstörungen einleiten können. Dies vermeidet man am sichersten durch Zusatz von besonders gezüchteten Reinkulturen. Im Notfall hilft man sich durch Zusatz von saurer Milch, Buttermilch oder sauren Molken, welche verwandte Säuerungsrassen enthalten. Auch für Futtersäuerungen, z. B. Rübenblätter, hat man Reinkulturen empfohlen. Beim Einsäuern von Rübenschnitzeln, dem Abfall der Zuckerfabriken, haben sie sich sehr gut bewährt. An sich ist für alle Gemüse die Säuerung der natürliche Zersetzungsvorgang, eine Abtötung aller Keime ist also nicht nötig, es muß nur für schnelle Einleitung der normalen Säuerung Sorge getragen werden. Bei Sauerkraut und Gurken spielen die von den einzelnen Rassen der Säuerungsbakterien erzeugten Aromastoffe eine wichtige Rolle.

Ein anderer Gewerbezweig, in welchem man die Anwendung von Reinkulturen in Erwägung zieht, ohne bisher schon wesentliche Fortschritte gemacht zu haben, ist die *Gerberei*. Auch bei der *Abwasserbeseitigung* hat man sich mit dem Gedanken getragen. So gibt es noch andere Gewerbe, bei denen die Anwendung von Reinkulturen wohl möglich wäre, ohne bisher nennenswerte praktische Erfolge erzielt zu haben.

Ein eigenartiger Einzelfall ist die technische Herstellung von Zitronensäure aus Zucker durch einen Schimmelpilz, Citromyces. Dies Verfahren ist billiger als die Gewinnung aus Zitronen. Man könnte hierher auch die Bekämpfung von Mäusen und Ratten durch krankheiterregende Bakterien

rechnen. Es sind alles nur besondere Fälle der Anwendung von Reinkulturen in *Gewerbe und Landwirtschaft*.

Von den landwirtschaftlichen Nebengewerben in engerem Sinne ist besonders die *Milchwirtschaft* mit der Bakteriologie untrennbar verwachsen. Hier haben die Reinkulturen bereits eine derartig umfangreiche Anwendung gefunden, daß die *Butterbereitung* und die Weichkäserei in größeren Betrieben ohne Reinkulturen nicht mehr denkbar sind. Die häufigste Anwendung finden sie bei der Rahmreifung. Der weitaus überwiegende Teil der Butter in Deutschland wird aus saurem Rahm gewonnen. Die Art der Säuerung des Rahms ist für Geschmack, Beschaffenheit und Haltbarkeit der Butter maßgebend. In einem so vorzüglichen Nährboden entwickeln sich aber neben den Bakterien der normalen Zersetzung, den echten Milchsäurebakterien, auch noch andere Arten von Mikroorganismen, namentlich Coliarten, Fluoreszenten und andere fettzersetzende Stäbchen, verschiedene Kokken und Sarcinen und außerdem Oidium lactis und Cladosporium butyri, die am Ranzigwerden der Butter den Hauptanteil haben. Um diese Organismen, welche Geschmack und Haltbarkeit beeinträchtigen, zu unterdrücken, genügt der bloße Zusatz von kräftig säuernden Reinkulturen nicht immer; dies Verfahren versagt z. B. bei altem Rahm, in welchem die unerwünschten Pilze schon zu weit entwickelt sind. Deshalb wird jetzt allgemein der Rahm pasteurisiert, d. h. schonend erhitzt, aber doch hoch genug, um von je 1000 Bakterien 999 abzutöten. Dann wird der Rahm schnell gekühlt, um den Kochgeschmack zu vermeiden, und darauf mit einer sorgfältig ausgewählten und erprobten Reinkultur von Milchsäurebakterien beimpft. Bei sachgemäßer Behandlung des Rahms erhält man so eine Butter von stets gleichbleibendem, reinem und feinem Geschmack, guter Beschaffenheit und großer Haltbarkeit. Die Einführung der Rahmerhitzung hat anfangs großen Widerstand gefunden, aber jetzt pasteurisieren nicht nur alle größeren und mittleren, sondern auch viele kleine Molkereien ihren Rahm und säuern ihn mit Reinkulturen an.

Auch in der *Käserei* hat die Bakteriologie schon viel zur Sicherstellung der Betriebe beigetragen. Die Käse reifen dadurch, daß bestimmte Mikroorganismen den Käsestoff verändern, verdauen, löslich machen und dabei zugleich diejenigen Geschmacksstoffe entwickeln, die wir an den Käsen besonders schätzen. Den einfachsten Typus der Reifung zeigt der Harzkäse. Der zusammengepreßte saure Quark bedeckt sich allmählich mit einer mattweißen Haut von Milchschimmel und Kahmhefe; diese verzehren zuerst die Milchsäure und wirken dann auch auf den Käsestoff, der erst glasig, dann fast ganz löslich wird. Wenn alle Säure an der Oberfläche verschwunden ist, siedeln sich dort gelbe, rote und braune Bakterien an, welche das Eiweiß noch weiter zersetzen und die bekannte Schmierschicht bilden. Die Harzkäsereien benutzen häufig Reinkulturen zur Erzeugung dieser Schmierschicht. Kulturen von Milchschimmel und Kahmhefe werden nur bei schweren Betriebsstörungen bestellt, da sie in normaler Milch stets vorhanden sind.

Die Reifung der weichen Labkäse ist ebenfalls recht gut bekannt. Die aus süßer Milch hergestellten Käse werden erst stark sauer, dann wird die Säure durch Milchschimmel und andere Schimmelarten zerstört, die auch den Käsestoff zersetzen und zugleich die eigenartig pikanten Geschmacksstoffe bilden. Diese Pilze sind sämtlich reingezüchtet im Handel zu haben. Zur Herstellung von Camembertkäse dient Penicillium Camemberti in Gemeinschaft mit Penicillium album; für Roquefortkäse benutzt man auf Brot gezüchtete Reinkulturen von Penicillium Roqueforti.

Dagegen ist der Reifungsvorgang der Hartkäse noch nicht genügend geklärt. Man weiß wohl, daß Milchsäurebakterien an der Reifung beteiligt sind, und hat durch Zusatz von Reinkulturen verschiedener Rassen gute Reifung erhalten. Aber ein klarer Überblick über alle Reifungsfaktoren der Hartkäse ist noch nicht vorhanden. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, daß man nicht mit sterilisierter Milch arbeiten kann, da dieselbe mit Lab kein festes zusammenhängendes Gerinnsel gibt. Vielleicht erreicht man mit den neuen Dauerpasteurisierungsverfahren eine einigermaßen normale Labgerinnung, so daß Käsungsversuche mit keimarmer Milch möglich wären. Dann stünde eine baldige Klärung dieser Frage in Aussicht. Immerhin hat man gewisse Einzelheiten schon heute herausgefunden. Für Schweizerkäse kann man zur Sicherung der Reifung eine Reinkultur eines bestimmten Milchsäurelangstäbchens zusetzen. Das Bakterium, das die Löcher im Schweizerkäse, die sogenannten Augen, hervorruft, hat man ebenfalls schon reingezüchtet und benutzt es dort, wo ungenügende Lochung den Marktwert des Käses herabsetzt, z. B. in Dänemark.

Wie also z. B. das genaue Studium der Mikroorganismen der Rumgärung und ihrer Lebensbedingungen es schließlich ermöglicht hat, Rum auch in nicht tropischen Ländern aus anderen Rohstoffen herzustellen, so ist auch die Käserei allmählich von bestimmten Orten und Klimaten unabhängig geworden. Die französischen Weichkäse werden in den verschiedensten Ländern der Erde hergestellt. Man macht Schweizerkäse und Edamer Käse in Deutschland, Limburger Käse in Amerika und Dänemark. Während die gut erforschten Weichkäse dem Erzeugnis des Ursprungsortes vollkommen gleichwertig sind, gibt es bei den Hartkäsen noch kleine Unterschiede, die aber mit fortschreitender Verwendung der Reinkulturen auch noch verschwinden werden.

Die verschiedenen vergorenen Milchgetränke wie Kefir, Kumys, Mazun, Joghurt usw., die vorwiegend von den Völkern des Mittelmeergebiets stammen, können nur durch Anwendung von Reinkulturen in unserm Klima hergestellt werden, da die hierbei tätigen Lebewesen bei uns nicht heimisch sind. Es handelt sich in der Hauptsache um eine saure Gärung durch sehr wärmebedürftige Langstäbchen (Gruppe des Bact. bulgaricum). Daneben befindet sich oft eine Hefe, welche Milchzucker zu vergären vermag. Alle in Betracht kommenden Reinkulturen sind Handelsware.

Ganz im Gegensatz zu den Erfolgen der Reinkulturen bei den Nahrungs- und Genußmitteln, bei denen auch die weitere Entwicklung ziemlich klar vorauszusagen ist, steht die Anwendung der Bakteriologie auf den Ackerboden. Die *Bodenbakteriologie* ist in ihren Anfängen stecken geblieben, das öffentliche Interesse daran scheint erlahmt zu sein, und ihre weitere Entwicklung läßt sich nicht voraussagen. Die ganze Sachlage beim Ackerboden ist eine ganz andere als bei den oben behandelten Nahrungsmitteln. Nur bei starkem Regen ist eine zusammenhängende Flüssigkeitsschicht vorhanden, welche den Bakterien freie Beweglichkeit gestattet. Gewöhnlich sind sie ziemlich fest an Ort und Stelle gebunden; daher ist ihre Verteilung im Boden schwierig. Sodann ist die Masse des Ackerbodens so groß, daß sie nicht sterilisiert werden kann. Man hat allerdings durch Zusatz von flüchtigen Giften (Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Toluol usw.) teilweise Abtötung der Bakterien, etwa dem Pasteurisieren entsprechend, erzielt, man hat in Gewächshäusern mit Erfolg die verbrauchte Erde durch Dampferhitzung wieder gebrauchsfähig gemacht. Aber all diese Maßnahmen sind für feldmäßigen Ackerbau zu teuer, auch ist die Infektion im freien Felde zu groß. Dazu kommt ferner, daß die Lebensbedingungen für jede Bakterienart in jedem Boden andere sind, und daß wir über die Lebensbedingungen für Bakterien in Erde, über das sogenannte Bodenklima, überhaupt noch herzlich wenig wissen. Vor 10 bis 15 Jahren glaubte man noch, die Entwicklung der Bakterien im Boden mit dem Wachstum in Flüssigkeiten ohne weiteres in Parallele setzen zu können. Das hat zu schweren Trugschlüssen geführt. Es fehlt uns also noch viel an den notwendigen Grundlagen der Bodenbakteriologie.

Die Bedeutung der Bakterien im Boden ist äußerst vielseitig; alle Versuche mit Reinkulturen haben sich bisher aber nur um die Stickstoffbindung gedreht. Es gibt im Erdboden Bakterien, welche keine Stickstoffnahrung brauchen, sondern ihren Körper aus dem Stickstoff der Luft aufbauen, wenn ihnen nur Zucker oder eine entsprechende stickstofffreie Nahrung geboten wird. Es liegt nahe, diese Bakterien im Boden zu züchten, um den teuren Stickstoffdünger zu sparen. Dies ist nun in einem Falle auch gelungen, nämlich bei den Knöllchenbakterien der Leguminosen. Diese Bakterien dringen in die Wurzeln bestimmter Pflanzenarten, vermehren sich dort und versorgen die Pflanze mit Stickstoffverbindungen, die sie aus Luftstickstoff selbst bilden. Diese Bakterien hat man aus den Wurzelknöllchen reingezüchtet, in besonderen Rassen für jede Leguminosenart, und sie werden in der Landwirtschaft viel angewendet. Ganz besonders wichtig ist die Bodenimpfung dort, wo landfremde Leguminosen, z. B. Esparsette, Lupinen, Sojabohnen, zum ersten Male angebaut werden. Unter verschiedenen Handelsnamen sind diese Saatimpfkulturen allen Landwirten bekannt.

Dies ist aber auch der einzige Erfolg der Bakteriologie im Feldbau, und er ist dadurch leicht erklärlich, daß es sich hier nicht um frei im Boden lebende Bakterien handelt. Die Knöllchenbakterien wohnen im Innern der Wurzeln und stehen nicht im Wettbewerb mit den Bodenbakterien. Die frei im Boden wachsenden Azotobakterarten, die ebenfalls Stickstoff binden, hat man bisher noch nicht praktisch verwerten können. In allen Bodenarten, in denen sie überhaupt gedeihen können, sind sie schon in mehr oder weniger großer Anzahl vorhanden. Eine Mehrimpfung hat keinen Zweck, da die Lebensbedingungen des Erdbodens, Nährstoffe, Durchlüftung, Wassergehalt usw., eine Vermehrung nicht zulassen. Was über die Normalzahl hinausgeht, muß eben absterben. Die Beimpfung von solchen Böden, in denen diese Bakterien nicht gedeihen können (z. B. Moorböden), ist ebenfalls zwecklos. Die Schwierigkeiten, über die wir nicht leicht hinwegkommen, sind eben das Bodenklima und der Kampf ums Dasein im Boden.

Man hat neuerdings versucht, Bakterienarten zu finden, welche auch die Nicht-Leguminosen mit Stickstoff versorgen können. Die sogenannten U-Kulturen von *Kühn* haben bei den Prüfungen durch die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen keine besonderen Erfolge aufweisen können. *Hiltner* in München versucht ebenfalls in Verfolgung von noch nicht veröffentlichten Grundlinien zu solchen Kulturen zu gelangen. Diese Bakterienarten sollen mit den Wurzeln der Kulturpflanzen in Wechselwirkung stehen, ohne in den Wurzeln selbst zu wachsen.

Während also bei den Nahrungsmitteln die Anwendung von Reinkulturen schon fast eine Selbstverständlichkeit geworden ist, stellen sich der Anwendung von Bodenbakterien außerordentliche Schwierigkeiten entgegen, die auch durch eingehendes Studium der Lebensbedingungen im Boden nur teilweise behoben werden könnten. Es wird noch viel Mühe kosten, bis man die Bakterienflora des Ackerbodens auch nur annähernd so in der Gewalt hat wie z. B. die Flora des Rahms bei der Buttergewinnung.

Die Anwendung der Reinkulturen hat keinen Zweck, wenn sie nicht sachgemäß erfolgt. Sie

gibt dann ein unberechtigtes Gefühl der Sicherheit, das die Aufmerksamkeit einschläfert. Wenn der Arzt eine Operation unter den denkbar sorgfältigsten Maßnahmen vollzieht und die helfende Krankenschwester hat vergessen, sich die Hände zu waschen und zu desinfizieren, so kann der Erfolg der Operation schlimmer werden als die Krankheit, die man zu heilen hoffte. Ähnlich ist die Gefahr bei der Anwendung von Reinkulturen; man kann nicht nach einem Rezept arbeiten, man muß die Bakterien und ihre Ansprüche an Nahrung, Luft und Wärme kennen. Nur ein Fachmann kann Reinkulturen mit dauerndem Erfolg benutzen. Es hat sich herausgestellt, daß es nicht schwer ist, solche Fachleute heranzubilden. Die Erfahrungen der Brauerei- und Molkereischulen zeigen übereinstimmend, daß die Bakteriologie eine leicht verständliche Naturwissenschaft ist, die auch ohne höhere Schulbildung gelernt werden kann. Vor Jahren bemühte sich *Lindner* um die Einführung der Bakteriologie in den naturwissenschaftlichen Unterricht der höheren Schulen. Noch wichtiger würde mir die Bakteriologie als Lehrfach im Fortbildungsschulunterricht erscheinen, und zwar als Zwangsfach für alle Angestellten von Nahrungsmittelbetrieben und Nahrungsmittelhandlungen sowie für alle zukünftigen Hausfrauen. Die unaufhaltsam zunehmende Anwendung von Reinkulturen im Wirtschaftsleben erfordert dringend eine Verbreiterung des bakteriologischen Unterrichts.

---

## Die Bewegung der vier inneren Planeten mit besonderer Berücksichtigung der Bewegung des Merkurperihels.

*Von Hans Kienle, München.*

(Schluß.)

### *Die Massen der Planeten.*

In Tabelle 1 (siehe Nr. 10, Seite 218) hatten wir zwei Systeme von Werten für die reziproken Planetenmassen angeführt, die in den Untersuchungen der letzten Jahrzehnte eine Rolle gespielt haben. Wir wiederholen diese hier der besseren Übersicht halber.

Reziproke Planetenmassen
nach *Newcomb* ($1/m_N$) und *Doolittle* ($1/m_D$)

| | $1/m_N$ | $1/m_D$ |
|---|---|---|
| Merkur | 6 000 000 | 7 500 000 |
| Venus | 408 000 | 408 134 |
| Erde | 329 390 | 327 000 |
| Mars | 3 093 500 | 3 093 500 |
| Jupiter | 1 047,35 | 1 047,88 |
| Saturn | 3 501,6 | 3 501,6 |
| Uranus | 22 869 | 22 800 |
| Neptun | 19 314 | 19 700 |

Das unter $1/m_N$ stehende System ist von *Newcomb* als das wahrscheinlichste betrachtet worden und ist vor allem deswegen von Bedeutung, weil es den heute für alle Ephemeriden benutzten Tafeln der Sonne und der Planeten von *Newcomb* und *Hill* zugrunde liegt. Kein Zweifel, daß dieses System noch nicht das endgültige ist, ebensowenig wie das von *Bauschinger* (a. a. O.) abgeleitete, das gerade einige der wichtigeren neueren Bestimmungen nicht berücksichtigt. Wenn wir im folgenden einige Zahlen aufführen und in der Tabelle ein System von Massen zusammenstellen, das wir für das zurzeit wahrscheinlichste halten, so legen wir dabei weniger Gewicht auf die Massenwerte selbst (die darum auch entsprechend abgerundet sind) als vielmehr auf die durch die Zahlen $\varepsilon(v)$ ausgedrückten mittleren Unsicherheiten, mit denen die Werte vermutlich noch behaftet sind.

*Merkur* ist der kleinste, daher auch wirkungsschwächste Planet. Die Angaben über seine Masse schwanken darum am meisten, wie man aus der folgenden kleinen Zusammenstellung der wichtigsten Werte von $1/m$ erkennen mag.

| | | |
|---|---|---|
| *Leverrier* | $1/m = 3{,}0 \times 10^6$ | Tafeln |
| *Newcomb* | 7,2 / 7,9 | Periodische Störungen (Venus und Erde) |
| *Hill, Doolittle* | 7,5 | Theorie |
| *Newcomb* | 6,0 | Tafeln |
| *de Sitter* | 8,0 | Periodische Störungen (Venus u. Komet Encke) |
| *Witt* | 8,5 | Periodische Störungen (Eros) |
| *Bauschinger* | 6,75 | Mittelwert |

*Venus* bereitet aus den genannten Gründen erhebliche Schwierigkeiten. Folgendes sind die wichtigsten Werte:

| | | |
|---|---|---|
| *Leverrier* | $1/m' = 401\,847$ | Tafeln |
| *Newcomb* | 410 000 | Erste Theorie |
| „ | 406 690 | Periodische Störungen (Merkur u. Erde), Endwert! |
| „ | 408 000 | Tafeln |
| *Cowell* | 399 000 | Greenwicher Sonnenbeobachtungen |
| *Witt* | 407 800 | Periodische Störungen (Eros) |
| *Bauschinger* | 406 950 | Mittelwert |

Der von *Newcomb* angegebene Endwert ist das Mittel aus mehreren, die zwischen 392 000 und 412 000 schwanken.

Wie man sieht, besteht also eine erhebliche Spannweite zwischen den einzelnen Werten und die von *Bauschinger* angegebene Unsicherheit von ± 1010 ist sicher zu niedrig gegriffen.

*Erde.* Der von *Leverrier* zu $1/_{354\,936}$ angesetzte Wert für die Summe der Massen von Erde und Mond war von *Newcomb* erheblich vergrößert worden auf $1/_{328\,000}$, von *Hill* und *Doolittle* sogar auf $1/_{327\,000}$. In *Newcombs*

Tafeln ist dann wieder eine Verkleinerung vorgenommen worden auf $^1/_{329\,390}$. *Bauschinger* zeigt, daß vor allem ein ganz erheblicher Widerspruch auftritt zwischen der aus den planetaren Störungen und der aus den Pendelmessungen abgeleiteten Erdmasse. Während die ersteren als wahrscheinlichsten Wert $1/m'' = 331\,846$ ergeben, findet er aus letzteren 327 546 und schlägt in Ermangelung eines besseren eine Art von Kompromiß vor, der auf $1/m'' = 330\,200 \pm 930$ führt. Die Erosstörungen ergeben 328 370.

Bei *Mars* deuten neuere Trabantenbeobachtungen auf eine geringe Vergrößerung des von *A. Hall* abgeleiteten und in Tabelle 1 angegebenen Wertes hin. *De Sitter* gibt als heute besten Wert $1/m'' = 3\,085\,000 \pm 5000$ an.

*Jupiter* übt neben der Sonne den weitaus größten Einfluß auf alle Bewegungen im Planetensystem aus. Es ist darum auch von jeher der Bestimmung seiner Masse das größte Augenmerk zugewandt worden und man kann sagen, daß die einzelnen Methoden zu Resultaten von recht befriedigender Übereinstimmung geführt haben, so daß der von *Newcomb* angegebene Mittelwert $1/m^{IV} = 1\,047{,}355 \pm 0{,}065$ als kaum einer wesentlichen Änderung bedürftig angesehen werden konnte. Dies bestätigten die seither neu hinzugekommenen Werte von *Cookson* (1046,99 und 1047,30) aus den Diskussionen der Kapbeobachtungen. *De Sitter* (Proc. Amsterdam 1908) erhält als wahrscheinlichstes Ergebnis aller bisherigen Beobachtungen $1/m^{IV} = 1047{,}40 \pm 0{,}03$.

Für *Saturn* hatte *Bessel* aus Satellitenbeobachtungen $1/m^{V} = 3501.6 \pm 0{,}78$ abgeleitet, während die aus den achtziger Jahren stammenden Bearbeitungen von *Hall*, *de Ball* und *H. Struve* Werte zwischen 3481 und 3500 ergaben, mit dem ungefähren Mittel $3487 \pm 5$. Trotzdem ist *Bessels* Wert bis heute beibehalten worden, da er namentlich durch *Hill* (1898) eine Bestätigung gefunden hat. Aus den Störungen, welche Saturn auf Jupiter ausübt, fand nämlich *Hill* die reziproke Masse zu $1/m^{V} = 3502{,}2 \pm 0{,}53$.

Für die beiden äußersten Planeten sind die Unsicherheiten der Massen wieder etwas größer. Bei *Uranus* liegen die Werte zwischen 22 540 und 23 383 und es zeigt sich hier ein Unterschied zwischen dem von *Hall* aus den Satelliten gewonnenen Werte $1/m^{VI} = 22\,682 \pm 27$ und dem von *Hill* aus den Saturnstörungen abgeleiteten $1/m^{VI} = 23\,239 \pm 89$. Als Wert für die Tafeln der inneren Planeten hat *Newcomb* 22 756 angenommen, während den Tafeln der äußeren Planeten der von *Hill* adoptierte Wert 22 869 zugrunde liegt.

Bei *Neptun* sind die Schwankungen in den Zahlen von ähnlichem Betrage, nämlich zwischen 18 279 und 19 700, und hier sind den Newcomb-Hillschen Tafeln sogar drei verschiedene Werte zugrunde gelegt: $1/m^{VII} = 19\,540$ bei den inneren Planeten, 19 700 bei Jupiter und Saturn, 19 314 bei Uranus.

Schließlich stellen wir in der folgenden Tabelle 5 die von uns als wahrscheinlichste betrachteten Massen (unter den oben angegebenen Gesichtspunkten) zusammen. Es stehen unter $1/m$ die reziproken Massen unter $\varepsilon(1/m)$ deren geschätzte mittlere Unsicherheiten, unter $\nu$ die für das System $1/m_D$ daraus resultierenden Korrektionsgrößen, schließlich unter $\varepsilon(\nu)$ die den Zahlen $\varepsilon(1/m)$ entsprechenden Größen $\nu$, die vor allem in Betracht kommen für die Beurteilung der Unsicherheiten, welche durch die möglichen Fehler der Massen in den theoretischen Störungsbeträgen auftreten.

*Tabelle 5.*

*Die wahrscheinlichsten Werte der reziproken Planetenmassen und die Korrektionsfaktoren $\nu$ der Massen Doolittles.*

| | $1/m$ | $\varepsilon(1/m)$ | $\nu$ | $\varepsilon(\nu)$ |
|---|---|---|---|---|
| Merkur ..... | 7 000 000 | $\pm 1{,}5 \cdot 10^6$ | + 0,071 | ± 0,215 |
| Venus ..... | 407 000 | $2 \cdot 10^3$ | + 0,0028 | 0,005 |
| Erde ... ... | 329 500 | $1 \cdot 10^3$ | − 0,0076 | 0,003 |
| Mars ..... | 3 085 000 | $5 \cdot 10^3$ | + 0,0027 | 0,0016 |
| Jupiter ..... | 1 047,40 | 0,05 | + 0,0005 | 0,00005 |
| Saturn ..... | 3 500 | 2 | + 0,0005 | 0,0006 |
| Uranus ..... | 22 850 | 150 | − 0,0022 | 0,0066 |
| Neptun ..... | 19 400 | 200 | + 0,0155 | 0,010 |

*Umrechnung der theoretischen Säkularvariationen der Perihellängen auf das neue System von Massen.*

Setzt man die Werte für $\nu$ in die auf S. 222 angegebenen Formeln ein, so lassen sich die dortigen Säkularvariationen auf das neue System von Massen reduzieren. Die Summe der *Korrektionsglieder der theoretischen Säkularvariationen* beträgt für das Merkurperihel + 0″,157, für das Marsperihel — 0″,898. Bei dem ersteren rührt der Hauptanteil von der Venusmasse her: + 0″,759; den nächstgrößten Beitrag: — 0″,689, der den Einfluß der Venus beinahe kompensiert, liefert die Erde. Bei Mars ist die Erde mit — 1″,740 stärkste Ursache der Änderung; Jupiter bewirkt + 0″,624. Da wir unser System noch keineswegs als das endgültige ansehen, vor allem, soweit es die Venus- und die Erdmasse betrifft, so sind natürlich die abgeleiteten Korrektionen noch recht unsicher. Dies drückt sich in den aus den Zahlen $\varepsilon(\nu)$ abgeleiteten mittleren Fehlern aus, die sich für Merkur und Mars auf ± 1″,41 bzw. ± 0″,75 stellen. Nur der Vollständigkeit halber wurden auch die Säkularvariationen der Perihele der Erde und der Venus auf die obigen Massen reduziert, während auf eine Umrechnung der anderen Variationen verzichtet wurde, da sie ja für eine Erklärung durch die Relativitätstheorie nicht in Betracht kommen.

Als *Ergebnis der Theorie* können wir die folgenden korrigierten Werte von $e\,\mathrm{d}\,\pi/\mathrm{d}\,t$ ansehen, welche an die Stelle der in Tabelle 2 enthaltenen Zahlen zu setzen wären:

*Tabelle 6.*

*Die endgültigen theoretischen Werte für $c\,d\pi/dt$.*

| | *Newcomb* | *Doolittle* | $\varepsilon$ |
|---|---|---|---|
| Merkur..... | + 109″,63 | + 108″,94 | ± 0″,29 |
| Venus..... | 0,37 | 0,36 | 0,17 |
| Erde..... | 19,27 | 19,27 | 0,05 |
| Mars..... | 148,71 | 148,66 | 0,07 |

*Grossmanns Kritik der empirischen Säkularvariation der Perihellänge des Merkur.*

Eine Kritik der empirischen Werte *Newcombs* hat *Grossmann* (a. a. O.) gegeben. Sie befaßt sich aber nur bezüglich der Säkularvariation des Merkurperihels eingehender mit den numerischen Ergebnissen der Newcombschen Arbeiten, da es sich für sie nur darum handelt, an einem aktuellen Beispiel die Unsicherheit der empirischen Grundlagen der gegenwärtigen Theorie des Planetensystems zu erhärten. Um diese Kritik verständlich zu machen, müssen wir einiges vorausschicken über die Art der *Beobachtungen*, welche zur Ableitung der Elemente des Merkur dienen. Der Ort dieses Planeten kann nach zwei verschiedenen Methoden festgelegt werden:

1. Beobachtung der *Vorübergänge des Merkur* vor der Sonnenscheibe. Da die Bahn des Merkur gegen die Ekliptik eine ziemliche Neigung besitzt, so tritt der Planet natürlich nicht bei jedem Umlaufe, wenn er zwischen Erde und Sonne hindurchgeht (untere Konjunktion), vor die Sonnenscheibe, sondern geht im allgemeinen ober- oder unterhalb derselben vorbei. Nur wenn sich Merkur und Erde in der Nähe der „Knotenlinie", d. i. die Schnittlinie ihrer beiderseitigen Bahnebenen, befinden, ereignet sich ein Vorübergang. Dies geschieht durchschnittlich alle 10 Jahre, und zwar entweder im Mai oder im November. Durch Beobachtung des Ein- und Austrittes des dunklen Merkurscheibchens am Sonnenrande läßt sich der relative geozentrische Ort von Merkur und Sonne festlegen. Aber die Bestimmung dieser Kontakte ist sehr unsicher. Die relative Bewegung des Scheibchens gegen die Sonne ist außerordentlich langsam (ein Vorübergang dauert am Sonnenäquator gegen 12 Stunden!), so daß die erste Berührung der äußeren Ränder oft sehr verspätet bemerkt, die Loslösung am inneren Sonnenrande durch physiologische Wirkungen stark beeinflußt wird. Diese Erscheinungen sind bei Gelegenheit der Venusdurchgänge des vorigen Jahrhunderts sehr eingehend studiert worden (siehe die Berichte von *Auwers*!) und zeigen, daß auf solche Weise erhaltene Ortsbestimmungen keineswegs frei von systematischen Fehlern sind.
2. Direkte *„absolute" Ortsbestimmungen* des Planeten durch Beobachtungen am Meridiankreise. Wegen ihrer ständigen Sonnennähe können Merkur und Venus nur am Tage beobachtet werden und zählen zu den schwierigsten Objekten. Physiologische Einflüsse wechselnder Art verfälschen die Messungen, da die Planeten durch das Auftreten von Phasen (von der schmalsten Sichel bis zur vollbeleuchteten Scheibe) wechselndes Aussehen zeigen. Hinzu kommen die am Tage meist ungünstigen Luft- und Temperaturverhältnisse, so daß also auch bei diesen Beobachtungen eine Reihe systematischer Fehler sich in den Resultaten geltend machen werden.

Der weitere Gang der Untersuchungen, der hier nur im groben skizziert werden kann, ist nun der folgende. Aus vorliegenden Tafeln (von *Newcomb* wurden die von *Leverrier* benutzt), die mit gewissen Elementen der Planeten gerechnet sind, kennt man die vorausberechneten Örter der Sonne und des Merkur. Mit diesen Örtern werden die Beobachtungen verglichen, die Differenzen festgestellt und aus den Differenzen dann Korrektionen der Elemente abgeleitet. Diese einfachen Worte enthalten aber ein ganz verwickeltes Problem. Denn in die Bedingungsgleichungen gehen ja nicht nur die Korrektionen der Elemente der Sonne (d. h. der Erde) und des Planeten selbst ein, sondern auch noch die Korrektionen der Säkularvariationen. Man kann daher nur durch Näherungen zum Ziele kommen. In welcher Weise und wie weit diese durchzuführen sind, das muß der Einsicht des Bearbeiters überlassen bleiben. Hier setzt die Kritik der Ergebnisse *Newcombs* zuerst ein: er hat von vornherein auf eine Korrektion von vieren der Unbekannten verzichten müssen, um die Auflösung der Gleichungen zu leisten. Und daß er bei der Behandlung von rund 60 000 Meridiankreisbeobachtungen sich mit der Mitteilung eines gedrängten Auszuges begnügt, erschwert den Einblick in die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

*Newcomb* gibt in seiner endgültigen Bearbeitung, die wir hier allein berücksichtigen wollen, *zwei Lösungen* (A und B) an. In der ersteren benutzt er nur die Meridiankreisbeobachtungen, in der zweiten kombiniert er diese mit den Durchgangsbeobachtungen. Beide ergeben stark abweichende Werte, namentlich für die Säkularvariation des Merkurperihels. Als Korrektion des Leverrierschen Wertes findet *Newcomb* hierfür aus Lösung A: — 9″,540, aus B: — 1″,008. Damit werden nun die Sonnenelemente korrigiert und die Örter des Merkur neu gerechnet. Da die Elemente A den Durchgangsbeobachtungen nur schlecht genügen, verwirft *Newcomb* das System A ganz. *Grossmann* kann in den von *Newcomb* hierfür angegebenen Gründen keine genügende Rechtfertigung des Verdammungsurteils finden, das hiermit einer ganzen Kategorie von Beobachtungen gesprochen wird.

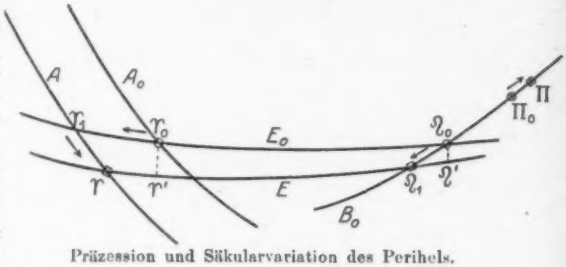
Aus den Lösungen für alle vier inneren Planeten leitet *Newcomb* dann definitive Sonnenelemente ab, und durch deren Verwendung ergeben sich schließlich die von ihm als endgültig betrachteten Korrektionen der Elemente und Säkularvariationen *Leverriers*. Werden diese Korrektionen an *Leverriers* Tafelwerte angebracht, dann erhält man die Zahlen, die wir in Tabelle 4 unter „Beob." mitgeteilt haben. Beim Merkurperihel — die anderen Zahlen hat *Grossmann* nicht nachgeprüft — ist aber *Newcomb* dabei ein Versehen unterlaufen, zu dessen Verständnis wir ein klein wenig ausholen müssen.

Die *Perihellänge* $\pi$ wird, wie wir an Hand der Fig. 1 klar machten, als gebrochener Winkel $\Upsilon\Omega + \Omega\Pi$ vom Frühlingspunkt aus gezählt. In ihre Säkularvariation werden also die Bewegungen der drei Punkte $\Pi$, $\Omega$ und $\Upsilon$ eingehen. Das Fortschreiten von $\Pi$ auf der Bahn des Planeten selbst wird durch die von der Theorie gelieferte Säkularvariation gekennzeichnet. Über die Bewegungen von $\Upsilon$ und $\Omega$ wollen wir durch eine kleine Skizze Aufschluß geben.

Zur Epoche $t_0$ haben Äquator, Ekliptik und Planetenbahn bezüglich die Lagen $A_0$, $E_0$, $B_0$, und die Länge des Perihels ist gegeben durch den Winkel $\pi_0 = \Upsilon_0\Omega_0 + \Omega_0\Pi_0$. Das Perihel selbst wandert auf der festen Bahn $B_0$ nach II. Der Äquator rückt infolge der Präzessionsbewegung der Erdachse nach $A$, der Frühlingspunkt infolgedessen auf der festen Ekliptik nach $\Upsilon_1$. Die Ekliptik selbst aber verändert ihre Lage von $E_0$ nach $E$ infolge der Störungen, welche die Planeten auf die Erde ausüben. Dadurch kommt also schließlich der Frühlingspunkt nach $\Upsilon$. Ist $\Upsilon'$ der dem Punkte $\Upsilon_0$ auf $E$ entsprechende Punkt, so mißt $\Upsilon'\Upsilon$ den Gesamtbetrag der Verrückung des Frühlingspunktes auf der beweglichen Ekliptik. Man nennt dies die „allgemeine Präzession", die etwas über 50″ im Jahre ausmacht. Infolge der Bewegung der Ekliptik rückt aber auch der Knoten von $\Omega_0$ nach $\Omega_1$. Um die Vorstellung nicht zu verwirren, wollen wir von der Veränderung der Bahn selbst, die natürlich auch noch hinzukommt, absehen, da bei deren Berücksichtigung keine Zweifel bestehen. Wir betrachten also die Bahnebene als fest. Die neue Perihellänge wäre dann $\pi = \Upsilon\Omega_1 + \Omega_1\Pi$, und ihre Änderung $\Delta\pi = \pi - \pi_0$ setzte sich zusammen aus den folgenden Beträgen, deren numerische Werte nach *Leverrier* angegeben sind (Zeiteinheit 100 Jahre):

| | |
|---|---|
| $\Upsilon\Upsilon'$ = allgemeine Präzession ..... | $= +5023''{,}57$ |
| $(\Upsilon'\Omega_1 + \Omega_1\Omega_0) - \Upsilon_0\Omega_0$ = Bewegung der Ekliptik ..... | $+ 2{,}37$ |
| $\Pi_0\Pi$ = reine Perihelbewegung ..... | $+ 565{,}44$ |
| $(\Delta\pi)_{100}$ = | $+5591''{,}38$ |

Aus den oben besprochenen Untersuchungen findet *Newcomb*, daß der von *Leverrier* angegebene Wert der Säkularvariation die Korrektion + 6″,34 (das ist der von ihm als endgültig angesehene Wert) zu erfahren hat. Da *Newcomb* alle Beobachtungen auf die bewegliche Ekliptik bezieht (was auch *Doolittle* noch besonders hervorhebt), so sind in ihnen bereits die beiden ersten oben angeführten Glieder berücksichtigt, die Korrektion wäre also zu 565″,44 zu addieren. Statt dessen gibt *Newcomb* als „Leverriers Wert" die um gerade 2″,37 größere Zahl 567″,81 an und es geht daraus hervor, daß er von dem von *Leverrier* angegebenen Betrag 5591″,38 nur die allgemeine Präzession abgezogen, das Glied 2″,37 aber übersehen hat. Das ist der Fehler bei *Newcomb*, auf den *Grossmann* hingewiesen hat, und sein Zustandekommen dürfte wohl durch diese kleine Abschweifung allgemein verständlich geworden sein.




Präzession und Säkularvariation des Perihels.

Wir stellen nun *die empirischen Werte von* $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t$ nach Vornahme der besagten Korrektion zusammen, die bei *Newcomb* vorkommen:

Lösung A gibt die Korrektion — 1″,96,
also $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t = +114''{,}30$

Lösung B gibt die Korrektion — 0″,21,
also $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t = +116''{,}05$

Als definitiv dagegen betrachtet *Newcomb* die nach Ausschluß der Lösung A mit den endgültigen Elementen der Erdbahn erhaltene Korrektion + 1″,30, also $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t = +117''{,}56 \pm 0''{,}40$, wo ± 0″,40 der „geschätzte" mittlere Fehler ist, der sicher dem Resultat ein größeres Zutrauen zuschreibt als es wirklich verdient. Da das vollständige Verwerfen der Lösung A nicht gerechtfertigt erscheint, wird man auch diese auf die definitiven Erdbahnelemente bringen. Dadurch geht die Korrektion von — 1″,96 in — 0″,45 über und wir hätten als zurzeit beste empirische Werte zu betrachten:

| | $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| Lösung A ..... | $+115''{,}81$ | $\pm 0''{,}40$ |
| „ B ..... | $+117''{,}56$ | |

Der Vergleich mit den endgültigen theoretischen Werten (S. 248) ergibt dann folgende *Widersprüche zwischen Beobachtung und Theorie* in $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t$:

| | *Newcomb* | *Doolittle* | $\varepsilon$ |
|---|---|---|---|
| A ..... | $+6''{,}18$ | $+6''{,}87$ | $\pm 0''{,}50$ |
| B ..... | $+7''{,}93$ | $+8''{,}62$ | |

Es ist zu bemerken, daß der angegebene mittlere Fehler nur die Unsicherheiten der Massen und

die des empirischen Wertes enthält, dagegen nicht die zwischen den beiden Theorien als solchen auftretende Differenz berücksichtigt, weshalb wir auch immer beide Werte getrennt aufführen. Wir wissen ja nicht, welcher Theorie der Vorzug zu geben ist.

Bei den *übrigen Säkularvariationen* können wir, wie schon bemerkt, eine Kritik der empirischen Werte nicht geben. Wir behalten also die Zahlen *Newcombs* bei und stellen die endgültigen Differenzen für die vier Perihele noch einmal zusammen unter Beifügung der mittleren Fehler $\varepsilon$, mit welchen sie behaftet scheinen nach Maßgabe der in den Tabellen 4 und 6 angegebenen Zahlen $\varepsilon$.

*Tabelle 7.*

*Die endgültigen Widersprüche in $e\,\mathrm{d}\,\pi/\mathrm{d}\,t$ zwischen der klassischen Theorie und der Beobachtung, verglichen mit den Zusatzbeträgen Einsteins.*

| | $\delta_N$ | $\delta_D$ | $\varepsilon$ | *Einstein* |
|---|---|---|---|---|
| Merkur A .. | +6″,18 | +6″,87 | ±0″,50 | +8″,82 |
| „ B .. | + 7,93 | + 8,62 | | |
| Venus ..... | − 0,08 | − 0,07 | 0,26 | + 0,06 |
| Erde ..... | + 0,21 | + 0,21 | 0,13 | + 0,06 |
| Mars ..... | + 0,84 | + 0,89 | 0,36 | + 0,13 |

In die Tabelle sind außerdem zum Vergleich die nach *Einstein* zu erwartenden Korrektionen der theoretischen Säkularvariationen $e\,\mathrm{d}\,\pi/\mathrm{d}\,t$ aus Tabelle 3 mit aufgenommen. Es zeigt sich zunächst, daß alle für das Merkurperihel aufgeführten Werte unter dem theoretischen Werte 8″,82 bleiben und ungefähr auf einen Wert in der Nähe von 7,5 hindeuten, so daß die Perihelbewegung selbst gegen 35″ im Jahrhundert betrüge. In Anbetracht der Unsicherheit der Zahlen liegt aber *Einsteins* Wert noch innerhalb der schätzungsweise möglichen Grenzen, die zu rund 5″,5 nach unten, 9″,3 nach oben anzugeben wären (entsprechend 27″ und 45″ für $\mathrm{d}\,\pi/\mathrm{d}\,t$).

Bei Venus und Erde sind die Zahlen sehr unsicher und man kann nur sagen, daß kein Widerspruch gegen *Einsteins* Theorie vorliegt. Bei Mars dagegen tritt eine Perihelbewegung von einem größeren Betrage auf, als ihn *Einstein* zu erklären vermöchte, wenn nicht auch hier eine künftige neue Bearbeitung andere empirische Werte liefert, die dann auch wesentlich sicherer sein müßten, um eine Bestätigung der kleinen Größe 0″,13 überhaupt zu gestatten. Die theoretischen Werte sind hier in guter Übereinstimmung und dürften wohl kaum eine bedeutende Änderung erfahren.

Es sei gleich an dieser Stelle hervorgehoben, daß man aus den mitgeteilten Zahlen nicht etwa eine Widerlegung der Einsteinschen Theorie ablesen wolle. Dies liegt nicht im Sinne dieser Ausführungen[2]) und es soll mit dieser Bemerkung tendenziösen Aufbauschungen vorgebeugt werden, wie sie sich etwa Herr *Valier* (Rheinisch-Westfälische Zeitung, 18. IX. 21) anläßlich des Erscheinens des Aufsatzes *Grossmanns* geleistet hat.

[2]) Auch nicht im Sinne *Grossmanns*, wie er in einem Zusatzartikel (Astr. Nachr. *214*, 195) nochmals betont.

*Die vor Einstein unternommenen Erklärungsversuche für die empirischen Glieder der Säkularvariationen.*

Es hat sich hier so ergeben, daß wir *Einsteins* Erklärung für die Perihelbewegungen zuerst behandelten. Bei der ganzen heute noch so strittigen Sachlage wäre es nicht im Sinne einer objektiven Berichterstattung, andere vor *Einstein* unternommenen Erklärungsversuche einfach zu ignorieren. Es kann dabei zunächst auf die bei *Wiechert* (a. a. O.) gegebene übersichtliche Besprechung dieser Versuche hingewiesen werden. Alle jene Arbeiten, welche auf eine Abänderung des Newtonschen Gesetzes abzielten, sollen hier weiter nicht behandelt werden. Sie beschäftigen sich fast ausschließlich mit der Erklärung der Perihelbewegung des Merkur allein und führen auf ähnliche Formeln hiefür, wie sie *Einstein* angegeben hat. Die Entscheidung über die Zulässigkeit dieser Theorien liegt aber auf anderen, vor allem elektrodynamischen, Gebieten und hier möchte der Astronom nicht auch noch in den herrschenden Kampf eingreifen. Dagegen soll nicht unterlassen werden, die auf rein astronomischem Wege, unter strenger Beibehaltung des Newtonschen Gesetzes, versuchten Erklärungen, die bezüglich des Merkurperihels schon *Newcomb* in seiner letzten Arbeit kommentiert und diskutiert, zu besprechen; um so mehr, als sie sich zum Teil nicht auf die Perihelbewegungen allein beschränken, sondern versuchen, möglichst alle empirischen Glieder innerhalb ihrer Fehlergrenzen darzustellen.

Schon *Leverrier* hatte sich um die Erklärung der in der Säkularvariation des Merkurperihels von ihm festgestellten Differenz bemüht. Was lag einem Manne, der von der universellen Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes so überzeugt war, daß er es hatte unternehmen können, einen bis dahin unbekannten Planeten, den Neptun, aus dessen Störungen auf Uranus zu berechnen, näher als die Annahme eines „intramerkuriellen" Planeten? Die Hypothese einer einzelnen störenden Masse verwirft er allerdings, weil sie wegen ihrer zu fordernden Größe und Helligkeit den Beobachtungen nicht hätte entgehen dürfen, und kommt zu der Schlußfeststellung: „Ceux à qui ces objections paraîtront trop graves, seront conduites à remplacer cette planète unique par une série d'astéroïdes dont les actions produiront en somme le même effet total sur le périhélie de Mercure. Outre que ces astéroïdes ne seront pas visibles dans les circonstances ordinaires, leur répartition autour du Soleil sera cause qu'ils n'introduiront dans le mouvement de mercure aucune inégalité périodique de quelque importance."

In derselben Richtung haben sich in der Folge eine Reihe weiterer Erklärungsversuche bewegt, bis sie ihren, wohl als endgültig zu betrachtenden, Abschluß in den Arbeiten *v. Seeligers* über „Das Zodiakallicht und die empirischen Glieder in der Bewegung der inneren Planeten" (Sitz.-Ber. München 1906 und Astr. Nachr. *201*, 273) gefunden haben. Wir werden die Ergebnisse dieser Arbeit besprechen, nachdem wir erst noch zweier anderen Versuche zur Erklärung der empirischen Glieder gedacht haben.

Der eine dieser Versuche schreibt der *Sonne ungleiche Hauptträgheitsmomente* zu und ist ausführlich von *Harzer* (Astr. Nachr. *127*, 81) diskutiert und verteidigt worden. Will man aber nicht von der Forderung des Gleichgewichtszustandes des Sonneninneren absehen, wie dies *Harzer* tut, dann müßte, wie *Seeliger* in der ersten der genannten Arbeiten ausführt, um den vollen Betrag von $d\pi/dt$ zu erklären, eine Abplattung der Sonne angenommen werden, die durch die Beobachtungen nicht bestätigt wird. Nach diesen ist der Unterschied zwischen dem äquatorealen und dem polaren Sonnendurchmesser sicher nicht größer als 0″,1, und dadurch kann höchstens eine Drehung des Perihels von 2″,5 im Jahrhundert bewirkt werden. Ein solcher Betrag wird aber erst berücksichtigt werden müssen, wenn einmal eine genauere Theorie der Merkurbewegung möglich sein wird.

*Anding* hat 1905 in einem Encyklopädieartikel „Über Koordinaten und Zeit" (*VI*, 2 Heft 1) das von der Astronomie gebrauchte *empirische Koordinatensystem* auf seine Eigenschaft als *Inertialsystem* untersucht. Dieses empirische System ist nach den Fixsternen orientiert, und es ist a priori nicht ausgemacht, daß es ein Inertialsystem im Sinne der Mechanik ist, d. i. ein solches, in dem das Trägheitsgesetz gilt. Ist dies aber nicht der Fall, d. h. befindet sich das empirische System etwa in Rotation gegenüber dem fingierten Inertialsystem, dann müssen zwischen der auf das Inertialsystem bezogenen Theorie des Planetensystems und den im empirischen System angestellten Beobachtungen Differenzen auftreten, und zwar in allen Elementen. *Anding* leitet aus den Newcombschen empirischen Gliedern unter Weglassung des Merkurperihels, das allein sich nur zum Teil durch diese Rotation des empirischen Koordinatensystems erklären läßt, den Betrag von $7″,3 \pm 2″,3$ ab. Wie aber diese Drehung zustande kommen soll, darüber vermag die klassische Theorie keine mit den übrigen Erfahrungen der Astronomie zu vereinbarende befriedigende Auskunft zu geben.

*Seeligers Zodiakallichttheorie.*

Wir wenden uns jetzt derjenigen Erklärung der empirischen Glieder zu, welche heute wohl von allen nicht auf relativistischem Standpunkte Stehenden als die wahrscheinlichste und beste angesehen wird, weil sie — obwohl von manchen Seiten unter die „ad hoc" konstruierten Hypothesen gezählt — mit durchaus möglichen, durch die Beobachtungen teilweise bestätigten Verhältnissen rechnet und sich zudem nicht auf die Perihelbewegungen allein beschränkt, sondern auch die anderen Säkularvariationen (mit Ausnahme derer der Exzentrizitäten) berücksichtigt. Es ist dies die erwähnte Zodiakallichttheorie *v. Seeligers*. *Seeliger* denkt sich die das Zodiakallicht erzeugende kosmische Wolke als stark abgeplattetes Ellipsoid mit von der Sonne nach außen irgendwie abnehmender Dichte und dem Äquator der Sonne als Symmetrieebene. Die äußere Begrenzung wird in die Entfernung 1,2 versetzt, so daß also die Erdbahn noch von der Wolke umschlossen wird. Die säkularen Störungen werden im wesentlichen bedingt durch die Dichteverhältnisse im Innern des Ellipsoids, und diese werden daher so zu bestimmen sein, daß die empirischen Glieder erklärt werden. Man wird sich für die Rechnung das gesamte Ellipsoid zerlegt denken in mehrere ineinandergeschachtelte Teilellipsoide von jeweils konstanter Dichte. *Seeliger* versuchte zuerst 5 solcher Ellipsoide anzunehmen, deren äußere Begrenzungen in den bezüglichen Sonnenentfernungen 0,10, 0,17, 0,24, 0,60 und 1,20 lagen und mit den Dichten $q_1, q_2, \ldots q_5$. Es ist dann so, daß in dem innersten Ellipsoid die Dichte $q_1 + q_2 + \ldots + q_5$ ist, zwischen ihm und dem nächsten $q_2 + q_3 + q_4 + q_5$, zwischen diesem und dem dritten $q_3 + q_4 + q_5$ usw. Die Merkurbahn verläuft zwischen 3 und 4 ($a = 0{,}39$), die von Venus und Erde zwischen 4 und 5 ($a = 0{,}72$ bzw. 1,00). Es zeigt sich aber, daß einerseits die Beobachtungen nicht hinreichen, ein bereits so detailliertes Bild der Dichteverteilung zu entwerfen, anderseits es auch „ganz gleichgültig ist, wie die Dichtigkeit der Massenverteilung in der Nähe der Sonne bis zu etwa $^2/_3$ der Merkurentfernung verläuft". Infolgedessen wird von den drei inneren Ellipsoiden nur 3 ($a = 0{,}24$) beibehalten. Auch 4 kann als unwesentlich fortbleiben, so daß *Seeliger* zuletzt nur mit zwei Ellipsoiden rechnet, 3 und 5, durch die natürlich „die Massenverteilung im Zodiakallicht nur in ganz allgemeinen Umrissen bestimmbar ist, was in jedem Falle nicht zuungunsten der ganzen Hypothese zu sprechen scheint".

Außerdem führt *Seeliger* noch die Komponente $x$ der Rotation des empirischen Systems um eine Achse senkrecht zur Ekliptik ein und die die Lage des Äquators der Ellipsoide gegen die Ekliptik charakterisierenden Neigungen und Knotenlängen. Die endgültigen, uns hier interessierenden Resultate sind:

$q_3 = (2{,}18 \pm 0{,}10) \cdot 10^{-11}$ Sonnendichten
$q_5 = (0{,}31 \pm 0{,}17) \cdot 10^{-14}$ „
$r = 5″,85 \pm 1″,22$

Um einen Begriff zu geben, wie gut die Darstellung ist, ist diese in der folgenden Tabelle mitgeteilt, natürlich verglichen mit den alten

Werten *Newcombs*, da diese ja *Seeligers* Rechnungen zugrundeliegen.

Bewegung des Merkurperihels weggeschafft, sondern auch die des Venusknotens, ohne daß an

*Tabelle 8.*

*Darstellung der empirischen Glieder Newcombs durch Seeliger (N—S), de Sitter (N—de S) und Bauschinger (B).*

| | | *Newcomb* | | *N — S* | *N — de S* | *N — B* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $e\,\mathrm{d}\pi/\mathrm{d}t$ | Merkur ..... | +8″,48 | ±0″,43 | −0″,09 | 0″,00 | −0″,47 |
| | Venus ..... | − 0,05 | 0,25 | − 0,10 | − 0,05 | − 0,12 |
| | Erde ..... | + 0,10 | 0,13 | + 0,03 | + 0,18 | 0,00 |
| | Mars ..... | + 0,75 | 0,35 | + 0,16 | + 0,52 | + 0,67 |
| $\mathrm{d}\,i/\mathrm{d}\,t$ | Merkur ..... | + 0,38 | 0,80 | − 0,14 | − 0,12 | + 0,28 |
| | Venus ..... | + 0,38 | 0,33 | + 0,21 | + 0,17 | + 0,30 |
| | Mars ..... | − 0,01 | 0,20 | + 0,01 | + 0,05 | − 0,09 |
| $\sin i\,\mathrm{d}\,\Omega/\mathrm{d}\,t$ | Merkur ..... | + 0,61 | 0,52 | − 0,04 | + 0,55 | + 0,25 |
| | Venus ..... | + 0,60 | 0,17 | + 0,02 | + 0,01 | + 0,02 |
| | Mars ..... | + 0,03 | 0,22 | − 0,20 | − 0,11 | − 0,07 |

Wie man an den Differenzen *N—S* der Seeligerschen Rechnungen gegen *Newcombs* Restglieder sieht, ist die Darstellung durchweg innerhalb der mittleren Fehler geleistet. Aus den Zahlen $q_3$ und $q_5$ findet man die Gesamtmasse der Zodiakalwolke $= 3 \cdot 10^{-7}$ Sonnenmassen, und die mittlere Dichtigkeit ist ungefähr so gering, wie wenn man etwa 30 l Wasser auf einen Kubikkilometer versprengte. *Seeliger* konnte daher mit Recht schließen, „daß die empirischen Glieder in der Bewegung der inneren Planeten tatsächlich auf die Massen des Zodiakallichts zurückzuführen sind". Um bei dem Worte „kosmischer Staub" nicht falsche Vorstellungen zu erwecken, ist es vielleicht wichtig zu bemerken, daß die einzelnen Teilchen sehr wohl ordentliche Steine sein können, deren Dimensionen nach Metern zu bemessen sind. Der Begriff „Staub" bedingt nur die relative Kleinheit der einzelnen Teile gegenüber ihren gegenseitigen Abständen.

Das innere Ellipsoid bestimmt im wesentlichen die Bewegung des Merkurperihels. Es liefert dazu allein +7″,40. Bei den übrigen Gliedern, namentlich dem Marsperihel, spielt die Hauptrolle die Drehung $r$ des Koordinatensystems, die bei *Seeliger* zwar kleiner herauskommt als bei *Anding*, aber immerhin noch beträchtlich ist. *Seeliger* schon hat den Gedanken ausgesprochen, daß es durch passende Wahl der Massenverteilung wahrscheinlich gelingen würde, $r$ noch weiter zu verkleinern. *de Sitter* hat einen solchen Versuch gemacht (Observatory Nr. 463). Er postuliert (nach anderen Untersuchungen) $r = 1″,24$ und findet, wenn er $q_3 = 2{,}42 \cdot 10^{-11}$ und $q_5 = 0{,}37 \cdot 10^{-14}$, also etwas größer als *Seeliger*, setzt, die unter *N—de S* in der Tabelle aufgeführten Zahlen. Die Darstellung ist zwar nicht so gut wie die von *Seeliger*, aber die Zahlen sind mit den mittleren Fehlern *Newcombs* durchaus vereinbar, vor allem ist nicht nur die anderen Stellen ernstliche Widersprüche auftreten.

Selbstverständlich würde sich *Seeligers* Hypothese auch einem korrigierten Wertesystem *Newcombs* anpassen lassen, da sie in ihren Grundannahmen ziemlichen Spielraum läßt, was manche tadeln (*Freundlich*, Astr. Nachr. *201*, 48), *Seeliger* selbst aber gerade als Vorzug ansieht. Wie man sich auch persönlich in dem Streit um die Relativitätstheorie stellen mag, so viel wird man immer zugeben müssen, daß die klassische Mechanik die empirischen Glieder auf Grund durchaus möglicher und wahrscheinlicher Vorstellungen erklären kann.

### *Bauschingers Versuch einer Verwertung der Zusatzglieder Einsteins.*

Schließlich sei in diesem Zusammenhange noch eines Versuches gedacht, den *Bauschinger* (a. a. O.) unternommen hat. Von relativistischer Seite war bisher ja immer das Merkurperihel als Einzelfall herausgegriffen worden. Wir haben gelegentlich schon darauf hingewiesen, daß man in solchen Fällen vorsichtig sein muß, denn es wäre durchaus möglich, daß eine geänderte Theorie des Merkurperihels auch Änderungen an anderen Stellen des Planetenproblems bedingte. Infolgedessen hat sich *Bauschinger* folgende Aufgabe gesetzt: Angenommen, die von *Einstein* geforderten Zusatzbeträge der Säkularvariationen der Perihele der vier inneren Planeten seien als genügend begründet in die Theorie mit aufzunehmen; läßt sich dann ein die Beobachtungen befriedigendes homogenes System von Massen und Säkularvariationen der inneren Planeten ableiten? Er führt als Unbekannte in die Gleichungen, von denen wir S. 223 zwei als Beispiele gegeben haben, die Massen von Merkur, Venus und Erde ein, außerdem die Rotationskomponente des Koordinatensystems, und findet die folgenden Werte für die Unbekannten:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Merkur . . | $1/m$ | = 6 680 000 | ± 1 030 000 |
| Venus . . . | $1/m'$ | = 407 300 | ± 2 160 |
| Erde . . . | $1/m''$ | = 331 846 | ± 1 500 |
| | $r$ | = 2″,07 | ± 1″,56 |

Die Darstellung ist in Tabelle 8 mit aufgenommen unter *N—B*. Es sei dabei besonders darauf hingewiesen, daß nun auch das Glied im Venusknoten verschwunden ist, eine gute Illustration zu dem oben Gesagten: obwohl die Relativitätstheorie an sich *nur* für die Perihelbewegungen Zusatzglieder liefert, führt deren Berücksichtigung auch auf Änderungen der anderen Säkularvariationen, hier vor allem des Venusknotens. Das wäre also das Ergebnis unter Berücksichtigung der Relativitätstheorie. Die Massen stimmen bis auf die Erdmasse ganz gut mit denen überein, die man heute als die wahrscheinlichsten bezeichnen kann. Bei der Erdmasse ergibt sich ein verhältnismäßig kleiner Wert. Hier bestehen ja aber überhaupt noch die früher erwähnten Schwierigkeiten. Und schließlich ergibt sich die Rotationskomponente von einem durchaus plausiblen kleinen Betrage, wie er nach *de Sitter* gemäß den Differenzen der verschiedenen Bestimmungen der Präzessionskonstanten wahrscheinlich ist. Wenn man die Relativitätstheorie in das Rüstzeug der Himmelsmechanik aufnehmen will, dann stellt dieser Versuch *Bauschingers* — der vorerst mit unzulänglichen Mitteln, d. h. recht unsicheren empirischen Gliedern, unternommen wurde — einen Fingerzeig dar, in welcher Richtung dies geschehen muß: nicht durch Herausgreifen eines einzelnen Gliedes, sondern durch konsequente Durcharbeitung der *ganzen* Theorie der inneren Planeten muß geprüft werden, ob die neue Theorie ein einwandfreieres, alle Beobachtungen darstellendes System von Massen und Säkularvariationen zu liefern vermag als die klassische Himmelsmechanik.

*Zusammenfassung.*

Es sei gestattet, zum Schlusse noch einmal in kurzen Sätzen hinzustellen, was als wesentlicher Inhalt der vorstehenden Ausführungen betrachtet werden soll.

1. In der auf klassisch-mechanischer Grundlage aufgebauten Störungstheorie der inneren Planeten scheinen noch gewisse Mängel vorhanden zu sein, die im Wesen der Methoden liegen. Namentlich tritt in den von *Newcomb* und *Doolittle* berechneten Säkularvariationen der Perihellänge des Merkur unter Zugrundelegung derselben Massenwerte eine erhebliche Differenz von 3″,35 in der hundertjährigen Bewegung auf. Es existiert bis jetzt keine kritische Untersuchung über den Grund dieser Diskrepanz.
2. Die Massen von Merkur, Venus und Erde sind noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet und bedingen jedenfalls eine ziemliche Unsicherheit in den theoretischen Werten der Säkularvariationen; namentlich geht die Venusmasse mit großem Gewicht in die Perihelbewegung des Merkur ein.
3. Die von *Newcomb* abgeleiteten empirischen Säkularvariationen stellen kein homogenes System dar, da sie durch Näherungsverfahren von angreifbarem Werte erhalten wurden. Die Unsicherheit ist sicher bedeutend größer als sie durch *Newcombs* mittlere Fehler charakterisiert wird. Insbesondere gilt dies für das Merkurperihel, wo das endgültige Resultat durch Ausschluß der Ergebnisse der Meridiankreisbeobachtungen erhalten wurde und außerdem durch einen Rechenfehler entstellt zu sein scheint.
4. Aus den Arbeiten *Newcombs* kann bezüglich des unerklärten Teiles der Perihelbewegung des Merkur nur geschlossen werden, daß dieser etwa innerhalb der Grenzen 27″ und 45″ pro Jahrhundert liegt und daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Wert 35″ übersteigt, größer sein dürfte als die, daß er unter dieser Grenze bleibt.
5. Es ist möglich, die sämtlichen empirischen Glieder *Newcombs* innerhalb der gegebenen Genauigkeitsgrenzen durch plausible Annahmen von Massen, deren Hauptteil innerhalb der Merkurbahn liegt, zu erklären, unter Hinzufügung einer Drehung des empirischen Koordinatensystems gegen das Inertialsystem. Ein Anzeichen für das Vorhandensein solcher Massen ist in der Erscheinung des Zodiakallichts zu erblicken, das auf Reflexion von Sonnenlicht an kosmischen Staubteilchen hervorgerufen wird.
6. Zwischen den von der Relativitätstheorie geforderten Zusatzbeträgen zu den Säkularvariationen der Perihele (die anderen Elemente bleiben unberührt) und den empirischen Gliedern *Newcombs* besteht, mit Ausnahme des Marsperihels, kein Widerspruch innerhalb der augenblicklich erreichten Genauigkeit. Von einer mehr als höchstens qualitativen Bestätigung der Einsteinschen Theorie kann aber vorerst nicht die Rede sein und ein Widerspruch in der Perihelbewegung des Mars bleibt nach wie vor bestehen (selbst bei dem Versuche *Bauschingers*).
7. Es muß als dringlichste Aufgabe der Astronomie der nächsten Jahre bezeichnet werden, das Problem der vier inneren Planeten einer erneuten Bearbeitung zu unterziehen, namentlich in der Frage der Massen und der empirischen Werte der Säkularvariationen. Ein diesbezüglicher Antrag ist auf der diesjährigen Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Potsdam eingebracht worden. Das Problem steht jedoch in innigem Zusammenhange mit anderen, die zuerst erledigt werden müssen, vor allem mit der Frage der systematischen Fehler der Fundamentalkataloge. Wenn erst die Vorschläge

der Kommission bekannt sein werden, kann vielleicht an dieser Stelle darüber berichtet und die ganze Verwickeltheit der Sachlage beleuchtet werden.

Es erscheint, angesichts so mancher Entgleisungen in den Debatten über die hier angeschnittene Frage, nicht unberechtigt, wenn als letztes noch die Hoffnung ausgesprochen wird, einen objektiven Bericht wie diesen, nicht von den widerstreitenden Parteien für sich in Anspruch genommen und durch bewußte oder unbewußte Entstellungen tendenziös ausgeschlachtet sehen zu müssen.

## Besprechungen.

**Haecker, Valentin, Allgemeine Vererbungslehre.** Dritte umgearbeitete Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1921. 444 S., 149 Figuren im Text und 1 Titelbild. Preis geh. M. 46,—; geb. M. 54,—.

Nach den Lehrbüchern von *Baur* und *Goldschmidt* liegt nun auch *Haeckers* „Allgemeine Vererbungslehre" in neuer Auflage vor. Die drei Werke ergänzen sich aufs beste, da jeder der drei Autoren das Gebiet von einem anderen Standpunkte aus betrachtet. *Baur* und *Goldschmidt* stellen die experimentelle Seite in den Vordergrund, und zwar der eine als Botaniker, der andere als Zoologe. *Haecker* tritt als Zytologe an die Behandlung der Vererbungslehre heran, das materielle Substrat der Vererbungserscheinungen bildet den Hauptgegenstand seiner Darstellung. Gerade die Erfolge der Experimentalforschung in den letzten Jahren haben gezeigt, wie notwendig es ist, neben dem Experiment die Morphologie nicht zu vernachlässigen. Es ist leider so, daß die Vererbungszytologie mit der experimentellen Genetik nicht gleichen Schritt gehalten hat. Wenn *Haecker* im Vorwort davor warnt, die Ergebnisse der Zytologie zu *überschätzen* und das Hypothetische und Unsichere mit den sicheren Ergebnissen zu verwechseln, so kann man ihm nur beipflichten. Wir stehen heute in der Zytologie durchaus noch nicht am Ende der Möglichkeiten, wie bisweilen geglaubt wird, ganz mit Recht bezeichnet *Haecker* die Zellforschung auch heute noch als ein besonders aussichtsreiches Forschungsfeld, und man möchte hoffen, seine „Vererbungslehre" möge dazu beitragen, die zytologische Vererbungsforschung, die in den letzten Jahren zu viel theoretisch und zu wenig praktisch betrieben worden ist, aufs neue zu beleben.

Die Literatur wird in der neuen Auflage bis auf die neueste Zeit berücksichtigt, wenigstens die inländische. Es ist eine ganz erstaunliche Fülle von Material in dem Buche zusammengetragen. Das gereicht ihm freilich nicht in jeder Hinsicht zum Vorteil. Als Einführung in das Gebiet erscheint es mir nicht ganz so geeignet wie die Lehrbücher von *Baur* und *Goldschmidt*, die auf diese Vollständigkeit von vornherein verzichten und nur ausgewählte Beispiele bringen. Die Fülle von Literaturnotizen muß auf den Lernenden verwirrend wirken, zumal da manche ganz entgegengesetzte Ansichten angeführt werden, ohne daß der Verf. immer selbst dazu Stellung nimmt. Für den, der selbst auf dem Gebiete tätig ist, stellt das Buch aber zweifellos eine reiche Fundgrube dar, die man nicht vermissen möchte.

Der erste Abschnitt bringt eine historische Einleitung. Es werden die allgemeinen Begriffe, die vulgären Erscheinungsformen der Vererbung und die statistischen und genealogischen Methoden kurz erörtert. Man vermißt eine scharfe Definition des Vererbungsbegriffes. Es wäre wohl zweckmäßig, der vulgären, sehr weitgehenden Anwendung dieses Begriffes gleich das gegenüberzustellen, was die moderne Genetik unter „Vererbung" versteht. Die verschiedene Begriffsanwendung führt immer wieder — und nicht nur bei Laien! — zu Mißverständnissen. Dem, was *Haecker* über die Anwendung des Ausdruckes „Gesetz" in der Biologie sagt, vermag ich nicht beizupflichten. Ich bin der Meinung, daß wir heute sehr wohl berechtigt sind, von Mendelschen *Gesetzen* zu sprechen. Wir kennen ein Spaltungsgesetz und ein Gesetz der freien Kombination und sind vielleicht auf dem Wege, weitere Vererbungsgesetze festzustellen. Wenn *Haecker* mit *Roux* für ein Naturgesetz die Erkenntnis der *Ausnahmslosigkeit* seiner Wirkungsweise postuliert, so sei er auf die Anschauungen hingewiesen, die heute in Physik und Chemie hinsichtlich des Gültigkeitsbereiches der Naturgesetze herrschen. „Häufig stellt man sich", so sagte jüngst *Nernst* in seiner Rektoratsantrittsrede, „das Naturgesetz als etwas Starres und Unabänderliches vor; aber diese Vorstellung müssen wir korrigieren, sobald wir in eine gründlichere, historische Betrachtung eintreten." Und weiter: „Erfahrungsgemäß steht fest, daß unsere Naturgesetze provisorischen Charakters sind, den sie höchstwahrscheinlich nie verlieren werden, bisher wenigstens ist noch jedes Naturgesetz an Grenzen gelangt, außerhalb deren es uns merklich im Stiche läßt, innerhalb deren es zwar praktisch unmerklich, im Prinzip aber ebenso unrichtig wird." Alle unsere Naturgesetze sind nach *Nernst* wesentlich statistischen Charakters. Übrigens will, nebenbei bemerkt, auch *Nernst* die Vererbungsgesetze nicht als Naturgesetze im Sinne von Physik und Chemie gelten lassen — m. E. mit Unrecht, doch liegt ein Eingehen hierauf außerhalb des Rahmens dieser Besprechung.

Der zweite Abschnitt ist den morphobiologischen Grundlagen der Vererbung gewidmet, an den sich im dritten Abschnitt eine Darstellung von *Weismanns* Vererbungslehre anschließt. Hier wird auch das viel diskutierte Problem der Vererbung erworbener Eigenschaften ausführlich besprochen. Die Fragestellung ist heute ja eine ganz andere als zu *Lamarcks* Zeiten. Was die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften in dem ursprünglichen Lamarckschen Sinne anbetrifft, so sagt *Haecker*, daß zurzeit kein Biologe und wohl auch kein Mediziner mehr eine Vererbung funktioneller Abänderungen als ein des Beweises nicht weiter bedürftiges Axiom annehme, während die Mehrzahl der Tierzüchter noch immer mit einer solchen Vererbung als einem der wichtigsten Faktoren bei der Neubildung der Kulturrassen rechne. Was *Haecker* hier über die Tierzüchter sagt, trifft leider zu, aber steht die große Mehrzahl der Mediziner in dieser Hinsicht so hoch über ihnen? Man findet auch heute noch selbst in medizinischen Lehrbüchern recht sonderbare Vorstellungen über Vererbung.

Die experimentelle Bastardforschung kommt im vierten Abschnitt zu Wort. Hier vermag ich in manchem *Haecker* nicht zu folgen. Der Begriff des multiplen Allelomorphismus wird auf S. 237 in einer Weise angewandt, die im allgemeinen nicht üblich ist. Wenn es auf S. 266 heißt, daß für den Zoologen die Annahme einer unreinen Spaltung durchaus nichts Unwahrscheinliches in sich birgt, so muß dazu gesagt werden, daß die große Mehrzahl der Zoologen einer

derartigen Annahme doch wohl ebenso ablehnend gegenübersteht wie die meisten Botaniker. Zu behaupten, daß die *Morgan*sche Crossing-over-Theorie sich mit der Annahme unreiner Spaltungen „eng berührt", wie wir auf der gleichen Seite lesen, geht wirklich nicht an! Mit der unreinen Spaltung ist doch nicht eine „Unreinheit der Chromosomen" gemeint, sondern eine „Unreinheit der Gene", und gegen eine solche Annahme wendet sich mit Recht *Morgan* mit aller Schärfe. Sie hat mit dem Faktorenaustausch nichts gemein. Daß die Reduplikationstheorie noch so ausführlich behandelt wird, erscheint überflüssig; sie hat höchstens noch historisches Interesse und sollte aus einem Lehrbuch verschwinden. Überhaupt neigt *Haecker* dazu, Hypothesen und Theorien, die längst zum alten Eisen gehören, immer noch einen Raum zu gewähren (Indexhypothese, Achromatinerhaltungshypothese!).

Neu hinzugekommen ist in der dritten Auflage der fünfte Abschnitt: Rassen- und vererbungsgeschichtliche Aufgaben der Entwicklungsgeschichte (Phänogenetik), ein noch viel Erfolg versprechendes Gebiet, über das ja bereits eine eigene zusammenfassende Darstellung *Haeckers*, seine „Entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse", vorliegt. In diesem Abschnitt werden auch unsere bisherigen Kenntnisse über Vererbung beim Menschen kurz dargestellt.

Den Ausführungen *Haeckers* im sechsten Abschnitt, betitelt: Morphobiologische Vererbungshypothesen, kann ich großenteils beipflichten. Daß *Federley* seine Ansicht, bei den Schmetterlingen finde Metasyndese statt, aufgegeben hat, sei nur nebenbei erwähnt. Zur Darstellung des Geschlechtsbestimmungsproblems sei bemerkt, daß es heute doch wohl ein fruchtloses Bemühen ist, Zweifel daran zu wecken, daß die Geschlechtschromosomen die Träger der geschlechtsbestimmenden Faktoren sind, und andererseits Stimmung für die Indexhypothese zu machen.

Ganz kurz werden die Ergebnisse der *Morgan*schule an Drosophila behandelt. Die gegen die Crossing-over-Theorie von anderen Autoren bisher vorgebrachten und von *Haecker* zitierten Einwände sind nicht stichhaltig und bereits widerlegt. *Castle* hat übrigens seine Ansicht über die dreidimensionale Anordnung der Faktoren inzwischen selbst aufgegeben und sich der Ansicht *Morgans*, daß die Faktoren linear angeordnet sind, angeschlossen. Was die zytologischen Beobachtungen anbetrifft, so sei *Haecker* ohne weiteres zugegeben, daß hier noch eine empfindliche Lücke besteht, aber — die bisherigen Beobachtungen sprechen nicht *gegen* die Theorie.

Bisweilen scheint mir die Skepsis *Haeckers* zu weit zu gehen. So wenn er des längeren die Frage diskutiert, ob die Anlagenspaltung in der Reduktionsteilung stattfindet, und zu dem Resultat kommt, daß „das Reduktionsproblem selbst trotz der weitverbreiteten Zuversicht, welche bezüglich dieses Punktes besteht, immer noch nicht endgültig gelöst ist", und daß „bezüglich der speziellen Frage, ob die Anlagenspaltung in den Reifungsteilungen erfolgt, bisher nur an wenigen Stellen sicherer Boden erreicht sein dürfte". *Renners* schöner Beweis für die Mendelsche Spaltung im Pollen von Önotherabastarden fehlt merkwürdigerweise vollständig.

Der Schlußabschnitt bringt einen Ausblick auf die praktische Bedeutung der neuen Forschungsergebnisse. Noch haben wir erst zwei Jahrzehnte experimenteller Vererbungsforschung hinter uns, aber schon beginnen die ersten Früchte zu reifen, schon können wir daran gehen, die gewonnenen Ergebnisse für die Praxis, Pflanzen- und Tierzucht sowie Medizin, nutzbar zu machen. Möge das *Haecker*sche Werk mit dazu dienen, die Erkenntnis von der weitreichenden Bedeutung des jungen Forschungsgebietes in weiteste Kreise zu tragen. *H. Nachtsheim, Berlin.*

**Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere.** Zweite Hälfte. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1922. Seite 337—777. Preis M. 165,—.

Der zweite Teil des nunmehr abgeschlossenen Werkes behandelt in vier Abschnitten die „Anpassungserscheinungen bei liegenden, sitzenden und über dem Boden sich bewegenden niederen Tieren", „die Formbildung schwimmender und schwebender Tiere", den „Schalen- und Skelettbau" und endlich „die stammesgeschichtliche Betrachtungsweise der organischen Formen".

Schon diese Gruppierung, die sich aus der analytischen Untersuchung der Anpassungen der fossilen Wirbellosen an ihre Lebensweise zwanglos ergab, zeigt uns den großen Gegensatz zwischen den beiden großen Gruppen des Tierreiches, die man als Evertebraten und Vertebraten einander gegenüberzustellen pflegt. Während die Wirbeltiere in allgemein biologischer Hinsicht durch einen hohen Grad von Bewegungsfreiheit gekennzeichnet sind, erscheinen die Wirbellosen, mit Ausnahme der Insekten, weit mehr an den Boden gebunden und umfassen zumeist schwerfällige, schwerbewegliche, ja zu einem sehr großen Teile festsitzende Formen, sind also gegenüber den Wirbeltieren, wenn wir von den Insekten absehen, durch einen im großen und ganzen sehr geringen Grad von Bewegungsfreiheit gekennzeichnet, der bei vielen großen Gruppen der niederen Tiere zur Annahme der sessilen Lebensweise geführt hat. Es ist daher ganz natürlich, daß sich die Analyse der Anpassungsformen der Evertebraten, wie sie hier von *Dacqué* durchzuführen versucht worden ist, auf die Anpassungen an die vagilbenthonische und sessilbenthonische Lebensweise konzentriert, während die Anpassungen an das Schwimmen und Schweben neben den erstgenannten einen vergleichsweise geringen Raum einnehmen. Eine Darstellung dieser Anpassungen mußte daher in den Mittelpunkt eines Werkes rücken, das sich die Analyse der Anpassungen der Evertebraten zur Aufgabe setzte, und so erklärt sich der breite Raum (Seite 265—457), der diesen Fragen gewidmet erscheint.

Der zweite Teil des Werkes setzt die Besprechung der Anpassungen der auf dem Boden verankerten oder festsitzenden Tiere fort. An einer großen Reihe von Beispielen wird die Verschiedenartigkeit der Anpassungen an die sessile Lebensweise dargelegt und die Darstellung durch vorzügliche Abbildungen unterstützt. Diesen Ausführungen schließt sich die Besprechung der Kolonien und der Riffbildungen als benthonische Lebensgemeinschaften an. Dann folgen Erörterungen der verschiedenen Wege und Mittel zur Erhebung des festgewachsenen Tieres über den Boden; eine Darstellung der Formanpassungen im Gefolge des Kampfes um den Raum und gegen die Strömung; die Besprechung von Anpassungen an das Einwühlen, Graben und Bohren; und es hätte nur vielleicht, wie dies der Ref. vor kurzem dargelegt hat, mehr Gewicht auf den Unterschied zwischen den mechanisch-bohrenden und den sich Wohnräume und Wohngänge ausätzenden Tieren gelegt werden sollen. Die Schilderung der Er-

scheinungen, die wir als Epökie, Parasitismus und Symbiose zu bezeichnen pflegen, bildet den Abschluß dieses inhaltsreichen Abschnittes.

Von besonderem Interesse sind die Ausführungen des Verfassers über die Anpassungen an das Schwimmen und Treiben, wobei das Schwergewicht auf die bisher über die Lebensweise der Cephalopoden und Trilobiten angestellten Untersuchungen gelegt wird. Die Erörterungen über die Lebensweise der fossilen Schalencephalopoden enthalten eine Fülle neuer Gesichtspunkte und den Hinweis auf manche bisher unbeachtet gebliebene Tatsache, so daß besonders dieses Kapitel das Interesse der Fachkreise erregen wird, wenn auch vermutlich, wie das bei einem vielfach noch so wenig auf analytischem Wege durchforschten Gebiete der Fall sein muß, manche Widersprüche nicht ausbleiben werden. Dem Ref., der auf dem gleichen Gebiete gearbeitet hat, erscheint jedoch gerade dieses Kapitel in wissenschaftlicher Hinsicht als eines der wertvollsten des Buches.

Da bei den wirbellosen Tieren Schalen und Panzerbildungen im Gegensatze zu inneren Skelettbildungen weitaus häufiger sind, so lag es nahe, daß diesen Hartteilen der fossilen Evertebraten vom Verf. besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Sind es doch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur diese äußeren Hartteile, die uns von den fossilen Evertebraten erhalten geblieben sind und einen Schluß auf die innere Organisation des Tieres ermöglichen. So mußte zunächst das Verhältnis zwischen Hartteilen und Weichkörper besprochen werden, dem sich eine Darstellung der statischen Verhältnisse des Außenskelettes anschließt. Sehr deutlich sehen wir hier die dringende Notwendigkeit, daß sich der Paläobiologe eingehender, als dies bisher vielfach geschah, mit mechanischen Problemen abgeben sollte, um Fehlschlüsse zu vermeiden. Vieles, was bei Außenskeletten als „ornamental" gedeutet wurde, erweist sich bei genauerer Untersuchung als eine vom statisch-mechanischen Erfordernis aus notwendige Einrichtung und es ist besonders das Problem der verschiedenen Wege der „Versteifung" für das Verständnis der Außenskelette von einschneidender Bedeutung. In Einzelfragen wird man auch hier dem Autor nicht immer beipflichten können. Wenn z. B. (S. 611, Fig. 290) die schweren, keulenförmigen Stacheln mancher Cidariden (Cidaris) oder Diadematiden (z. B. Hemicidaris) als Einrichtungen gedeutet werden, durch die eine Gewichtsvermehrung des Körpers erzielt wird, so ist dies von sekundärer Bedeutung, da die Ausbildung der bei Hemicidaris (so bei einer Art aus dem oberen Jura Niederösterreichs und Mährens) kegelförmigen und sehr massiven Stacheln offenbar derselben Funktion entspricht wie die analog geformten Stacheln von Colobocentrotus atratus Ag., einem an der peruanischen Küste lebenden Brandungsseeigel, der ebenso wie viele seiner Verwandten in dem schweren Stachelkleide einen brandungsfesten Panzer besitzt, der das Tier vor Schalenbruch besser schützt, als es das Gehäuse und ein aus schwachen und spitzen Stacheln bestehender Panzer zu tun vermöchte (vgl. *Doflein*, Tierbau u. Tierleben, *II.* Bd., S. 813; *O. Abel*, Lehrbuch der Paläozoologie 1920, S. 292). Die Doppelbepanzerung wirkt also hier als ein sehr wesentlicher Schutz gegen die zerstörenden Brandungswirkungen.

Eine Fülle wertvoller Einzelbeobachtungen hat der Verfasser in den Abschnitten: „Schale und Panzer als Schutzorgan" und: „Schalenverzierungen, Stacheln und Faltungen" zusammengetragen. Manches findet sich auch in diesen Abschnitten, worin sich vielleicht mancher mit dem Verfasser nicht unbedingt einverstanden erklären wird. So ist dies der Fall mit dem „Herrschen einer *‚Mode'* in der Formbildung zu einzelnen Zeiten", wie *Dacqué* die Erscheinung nennt, daß in engeren oder weiteren Lebensräumen, ja auf der ganzen Erde oft dieselben Körperformen und dieselben Organe gebildet wurden oder in Einzelheiten der Schalenformen und Schalenskulpturen scheinbar dieselbe Bauweise befolgt wird. Gerade auf diesen Gebieten ist für den Paläobiologen äußerste Vorsicht geboten. Dieselben Erscheinungen treten uns auch heute noch entgegen, und sie sind es, die in enger begrenzten oder weiten Lebensräumen zu einer oft ganz überraschenden Ähnlichkeit geführt haben. Denken wir nur z. B. an die sehr sonderbare Tatsache, daß uns in Nord- und Südamerika, und zwar *nur* in diesem Faunengebiete, in so vielen z. T. weit verwandten Gruppen der Schlangen immer wieder der durch die nordamerikanische Korallenotter (Elaps corallinus Wied) vertretene, wohlbekannte Typus der abwechselnd grellrot und schwarz geringelten Farbenzeichnung wiederkehrt. Da begegnen wir in *Nordamerika* verschiedenen Coronella-Arten mit dieser Farbenanordnung, ferner Arten der Gattungen Cemophora, Osceola, Rhinochilus; in *Mittelamerika* Urotheca elapoides, Atractus elaps, Scolecophis, Homalocranium annulatum; in *Südamerika* Lystrophis semicinctus, Oxyrhopus trigeminus, Erythrolamprus Aesculapii, Simophis rhinostoma, Hydrops, Ilysia, Elaps corallinus usw., und zwar finden sich unter diesen zahlreichen „Korallenschlangen" sowohl *giftige* als *ungiftige* aus verschiedenen Gruppen, so daß die in solchen Fällen beliebte Ausflucht auf das Gebiet der „Mimikry" hier versagt. Eben dieselbe merkwürdige Übereinstimmung zeigen aber auch z. B. die Käfer gewisser Gebiete, wie die der polynesischen Inselwelt, die sich schon auf den ersten Blick als Angehörige dieses Faunengebietes dem Kenner zu erweisen pflegen, und ich erinnere mich noch sehr gut des tiefen Eindruckes, den mir eine Äußerung von *G. A. Boulenger* machte, als er mir auf meine Frage, was für Schlangen es wohl sein mögen, die er auf dem Tische seines Arbeitszimmers im Britischen Museum in einem Glase stehen hatte, zur Antwort gab: „Ich weiß nicht, was für eine Art es ist, aber ich sehe aus ihrer Farbe, daß sie aus Madagaskar stammen muß." Jedem von uns ist die oft täuschende Ähnlichkeit der Kreuzotter mit der österreichischen Natter wohlbekannt; und diese Beispiele ließen sich sehr vermehren. Hierher gehört die merkwürdige Tatsache der häufigen Ausbildung der Fallschirmbildungen bei Tieren des indoaustralischen Faunengebietes und der Greifschwanzbildungen bei Angehörigen des südamerikanischen. Das aber sind keine *„Moden"*, sondern es liegen hier Erscheinungen vor, die einmal von *H. Gadow* treffend (P. Z. S. London, 1906, S. 298) mit den Einflüssen des *„Genius loci"* in Verbindung gebracht worden sind, das heißt mit lokalen Ursachen, die wir zwar nicht kennen, aber deren Wirkungen wir beobachten können. Solche Erscheinungen sind auch zweifellos in der Welt der vorzeitlichen Tiere vorhanden. Vielfach werden die Ursachen solcher durch den *„Genius loci"* bedingten Ähnlichkeiten in Farbe, Skulptur usw. auf gleichartige physikalische Ursachen, wie Wärmereize, chemische Einflüsse usw. zurückzuführen sein.

Die Besprechung derartiger Erscheinungen, wie es die Art der Stachelbildung bei silurischen, devonischen und späteren Gastropoden oder die Rippenzerteilung bei den Perisphincten des Weißjura ist, die *Dacqué*

(S. 651) bespricht, leitet bereits hinüber zu den Erscheinungen des Agglutinierens, des Maskierens, der Mimikry und der Färbung, denen der Verfasser ein eigenes Kapitel gewidmet hat. Gerade auf diesem unsicheren Boden der Biologie erscheint für den Paläobiologen größte Vorsicht am Platze, um nicht auf Irrwege zu geraten.

Von großem Werte sind die Mitteilungen und Zusammenstellungen des Verfassers in dem letzten Kapitel des speziellen Teiles: Regeneration, pathogene Schalen, Häutung, unter denen besonders die Regenerationen von Ammonitengehäusen Beachtung verdienen, weil sie auf die Art der Schalenbildung, zum mindesten der Skulpturbildung bei diesen Cephalopoden Licht zu werfen geeignet sind.

Den Abschluß des Werkes bildet ein *phylogenetischer Abschnitt*, der viele wertvolle Gesichtspunkte enthält und auch außerhalb des Kreises der Paläozoologen Beachtung finden wird. Wird man auch hier dem Verfasser nicht auf allen Wegen folgen können, so bedeuten doch seine Ausführungen auf diesem Gebiete eine wesentliche Förderung der paläobiologischen Forschungsziele. Die kritische Besprechung der verschiedenen Wege der „Stammbaumforschung" führt den Verfasser zu dem Ergebnis, daß vor einer Überschätzung der Ergebnisse auf den meisten der bisher vorzugsweise begangenen Pfade zu warnen ist. „Ich sehe daher", sagt *Dacqué*, „soweit ich überhaupt noch an die Bestimmung von Stammreihen glauben kann, in dieser (d. i. der paläobiologischen) Methode zurzeit den einzigen Weg für die Paläontologie, solche zu gewinnen, wenn nicht die Physiologie neue Gesichtspunkte hierfür entdeckt." (S. 737.) „Nur blutleere Vorstellungsbilder", sagt der Verfasser weiter (S. 739), „erlauben der Deszendenztheorie alten Stiles immer wieder, die Paläontologie zu beherrschen, deren Material exakterweise und klar eine ganz andere Stellungnahme zu dem Entwicklungsproblem erfordert."

Alles in allem ist in dem vorliegenden Werke nicht nur eine außerordentlich große Menge von Tatsachen mit sichtlich auf viele Jahre ausgedehnter emsiger Bemühung zusammengetragen worden, sondern der Verfasser war auch ernstlich bestrebt, sich mit den zahllosen aus diesen Tatsachen auftauchenden Problemen auf dem Gebiete der Paläobiologie der Evertebraten auseinanderzusetzen, so gut es bei dem derzeitigen Stande unserer Kenntnisse und Anschauungen gelingen konnte. Hierfür müssen wir ihm zum Danke verpflichtet sein, ebenso wie der Verlagshandlung, die auf dem Gebiete der Illustration den Wünschen des Verfassers so weit als möglich entgegengekommen ist, so daß auch in dieser Hinsicht ein Buch zustande kam, das die weiteste Verbreitung in allen Kreisen verdient, für die die Reste der fossilen Tiere doch etwas mehr bedeuten als „Denkmünzen der Schöpfung" oder ein bloßes Haufwerk zerbrochener Scherben, die „keinen Anspruch darauf erheben können, als biologische Dokumente von irgendwelcher Bedeutung" gewertet zu werden. *O. Abel, Wien.*

**Planck, Max, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung.** Vierte, abermals umgearbeitete Auflage. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1921. X, 224 S. 23 × 15½. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 44,—.

In dem seit Erscheinen der letzten Auflage verstrichenen Zeitraum hat die Quantentheorie eine in mehrfacher Beziehung bedeutungsvolle Entwicklung erfahren. Während ihre Anwendung auf die Thermodynamik materieller Körper, speziell auf die spezifische Wärme durch *A. Einstein*, *M. Born* und *Th. v. Kármán*, *P. Debye*, auf die Nernstsche chemische Konstante durch *O. Sackur*, *O. Stern*, *H. Tetrode*, neue fruchtbare Resultate zeitigte, ist die Hypothese des elementaren Wirkungsquantums durch direkte Erfahrungstatsachen, wie namentlich durch die Messungen der Ionisierungs- bzw. Resonanzspannungen von *J. Franck* und *G. Hertz* im sichtbaren Spektrum, von *D. L. Webster*, *E. Wagner* u. a. im Röntgenspektrum sowie durch die Untersuchungen über den Photoeffekt von *R. A. Millikan* auf eine Grundlage gestellt worden, die an Festigkeit kaum etwas zu wünschen übrig läßt. Auf der anderen Seite hat sich, dank den von *A. Einstein* und von *N. Bohr* mit dem größten Erfolg eingeführten spezielleren Vorstellungen, das Schwergewicht der Anwendungen der Quantentheorie von der Thermodynamik mehr nach der Elektronentheorie hin verschoben, und während früher das Gebiet der stationären Temperaturstrahlung als die eigentliche Domäne der Wirkungsquanten anzusehen war, machen dieselben gegenwärtig weit darüber hinaus bis tief in die feinsten Einzelheiten der inneratomistischen Vorgänge ihren Einfluß geltend.

Aus diesem Grunde kann in dem vorliegenden Buch, wenn es seinen ursprünglichen Charakter bewahren und nicht zu einem unverhältnismäßig starken Umfang anschwellen soll, unmöglich auf die ganze Weiterentwicklung der Quantentheorie eingegangen werden, um so weniger, als auch der Theorie der Wärmestrahlung in der Zwischenzeit eine merklich verfeinerte Ausbildung zuteil geworden ist. Freilich von einer wirklich abschließenden Darstellung kann auch heute noch nicht die Rede sein. Stehen sich doch immer noch die beiden Anschauungen unvermittelt gegenüber, die sich dadurch unterscheiden, daß die eine für die Ausbreitung der Lichtenergie im leeren Raum eine „glatte", die andere eine „fleckige" Wellenfront voraussetzt. Um beiden Auffassungen Rechnung zu tragen, bleibt dem Theoretiker einstweilen nichts anderes übrig, als eine jede von ihnen gesondert weiterzubilden und dadurch den Boden für eine dereinstige experimentelle Entscheidung nach Möglichkeit vorzubereiten. Glücklicherweise gibt es weite Gebiete, sowohl bei der strahlenden als auch bei der Körperwärme, die von dem genannten Gegensatz nicht berührt werden; diesen habe ich in meiner Darstellung naturgemäß besondere Aufmerksamkeit zugewendet und daher u. a. auch die Ableitung der Debyeschen Zustandsgleichung fester Körper und der Nernstschen chemischen Konstanten mit aufgenommen.

Um trotz der eingeführten neuen Abschnitte die Seitenzahl nicht übermäßig zu vermehren, habe ich mich entschlossen, aus der alten Auflage alles einigermaßen Entbehrliche fortzulassen, so z. B. die Schilderung des auf das Wirkungsquantum, die Lichtgeschwindigkeit und die Gravitationskonstante gegründeten Systems natürlicher Maßeinheiten, sowie den ganzen Abschnitt über irreversible Strahlungsvorgänge. Es dürfte nicht schwer sein, denselben unter Beibehaltung des ganzen Gedankenganges auch der neuen Darstellung anzupassen. (Vorwort.)

**Kohlrausch, Friedrich, Lehrbuch der praktischen Physik.** 13. stark vermehrte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1921. XXVIII, 724 S. und 353 Figuren. 14 × 22. Preis geh. M. 30,—; geb. M. 34,— + Teuerungszuschlag.

Das Lehrbuch hat einen Umfang erreicht, der nicht allein wegen der heute gebotenen Sparsamkeit an Satz und Papier, sondern auch im Interesse des handlichen

Gebrauches möglichste Beschränkung erheischt. Dabei wächst der Stoff immer mehr an, und es gilt, auch für die neuen Errungenschaften der praktischen Physik Platz zu schaffen. Die Bearbeiter haben sich deshalb entschlossen, neben veralteten physikalischen Methoden die geographischen Bestimmungen auszuscheiden. Ferner ließen sich ohne eine wesentliche Änderung der Darstellung durch eine straffe Zusammenziehung verwandter Aufgaben, die bei dem allmählichen Anwachsen des Stoffes getrennt behandelt wurden, Kürzungen erreichen, die Raum für neue Zusätze frei machten. Diese verteilen sich entsprechend dem Fortschritt der physikalischen Meßkunde über das ganze Buch. Eine größere Umarbeitung erfuhren dabei u. a. einzelne Kapitel über die Druckmessung, die Thermometrie, Kalorimetrie und Strahlungsmessung; ferner namentlich die Abschnitte über Wechselströme, Röntgenstrahlen, elektrische Schwingungen, die Messung an ionisierten Gasen und die Radioaktivität. Auch die Tabellen wurden unter Weglassung der astronomischen Daten nach verschiedenen Richtungen ergänzt und vermehrt. (Vorwort.)

**Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik.** 2. Band: Elektrizität und Magnetismus. 4. Auflage. Herausgegeben von Dr. *W. Hillers* unter Mitwirkung von Dr. *H. Starke* (Aachen). Leipzig, B. G. Teubner, 1920. VIII, 634 S. und 548 Abbildungen. Preis geh. M. 22,—; geb. M. 26,— + Teuerungszuschlag.

Die schon bei der Besprechung des ersten Bandes (Naturwissensch. 1920, S. 634) erwähnte Eigenart der Darstellung tritt auch in dem vorliegenden zweiten Bande wieder deutlich hervor. Es erfahren die Fundamentalversuche an Hand zahlreicher sehr guter Bilder und Zeichnungen eine eingehende Beschreibung; im Anschluß an diese werden die ihnen zugrunde liegenden Gesetze entwickelt und diese werden dann vielfach noch durch weitere Versuche genau erläutert. Fast alle wichtigen technischen Apparate und Meßinstrumente, deren Anwendung auf den geschilderten Prinzipien beruht, werden ebenfalls mit Hilfe vieler Abbildungen und Figuren in ihrer Wirkungsweise geschildert. Die Breite, mit der einige Versuche und manche Apparate der Technik dargestellt sind, bewirkt, daß gewisse andere interessante Einzelheiten der physikalischen Lehre nur kurz gestreift werden konnten.

Bei der mathematischen Behandlung des Stoffes sind wieder schwierige Formeln vermieden worden. Die wichtigsten Gesetze werden in möglichst einfacher Weise hergeleitet; dabei wird von der Infinitesimalrechnung nur verhältnismäßig wenig Gebrauch gemacht.

Diese Art der Darstellung läßt das Buch für den jungen Studenten besonders geeignet erscheinen. Die vielen ausgezeichneten Bilder und Figuren werden ihm dabei das Studium wesentlich erleichtern. Darüber hinaus gewinnt auch dieser Band an Bedeutung durch die weitgehende Berücksichtigung, die die praktischen Anwendungen der Physik hier gefunden haben. Es gibt wohl kaum ein allgemeines Lehrbuch der Physik, das eine so vielseitige Darstellung der physikalisch-technischen Errungenschaften in Wort und Bild bietet.

Aus den zahlreichen erwähnenswerten Kapiteln möchte ich nur zwei als Beispiele hervorheben, das Kapitel über „die experimentellen Untersuchungen am Nebenschlußmotor" und das Kapitel über „den selbsttönenden Flammenbogen".

Von den zwölf Abschnitten des Buches behandeln die ersten acht die klaseische Elektrizitätslehre und den Magnetismus. Im neunten Abschnitt sind dann unter dem Titel „Elektrische Entladungen" die Erscheinungen der Gas- und der Hochvakuumentladung, die Radioaktivität, die Röntgenstrahlen, die Röntgenspektroskopie und sogar das Bohrsche Atommodell zusammengefaßt. Ich möchte glauben, daß bei diesen Gebieten, die doch gerade in letzter Zeit besondere Bedeutung gewonnen haben, eine etwas eingehendere Darstellung in getrennten Abschnitten am Platze gewesen wäre.

In den weiteren Abschnitten werden noch die Luftelektrizität und die elektrischen Schwingungen mit ihrer Anwendung in der drahtlosen Telegraphie behandelt.

Zum Schluß möchte ich noch darauf hinweisen, daß die wichtigsten Lebensdaten der berühmteren Physiker in Fußnoten mitgeteilt werden. Diese Anmerkungen werden besonders für den Anfänger von großem Nutzen und Interesse sein.

Zu meiner Freude entnehme ich aus einer dieser Anmerkungen, daß der Herausgeber Herrn *Einstein* bereits im voraus den Nobelpreis verliehen hat.

*H. Kallmann, Berlin-Westend.*

**Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik.** *I.* Bd. Mechanik, Wärmelehre, Akustik und Optik. 5. vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1921. XVI, 1029 S., 1049 Abbild. und 2 Tafeln. 23 × 15½. Preis geh. M. 32,—; geb. M. 38,—.

Im ganzen hat die vorliegende Auflage des I. Bandes gegenüber der vorigen nur wenige Änderungen und Vermehrungen erfahren. Letztere hatten sich zum Teile als wünschenswert erwiesen, um den Aufbau des Lehrbuches in sich geschlossener zu gestalten. Es sei auf die §§ 36, 42, 53, 59, 154, 211, 212, 268, 269, 304, 362 verwiesen. Auch eine leichte Vermehrung der Worterklärungen und der historischen Anmerkungen hat stattgefunden. — Die Zahl der Anordnung der einzelnen Paragraphen ist unverändert geblieben; ebenso ist die Anzahl der Abbildungen die gleiche wie früher; allerdings wurden einige Figuren durch neue ersetzt. Eine geringe Vermehrung des Umfanges des Bandes ist teils durch die erwähnten Einschiebungen bedingt, teils aber durch einen etwas übersichtlicheren Druck des mathematischen Satzes verursacht, wie er von einigen Seiten gewünscht worden war. Von Freunden des Buches liefen sowohl aus dem Inlande als auch aus dem Auslande mehrfach Ratschläge ein, wie gewisse Unebenheiten der Darstellung vermieden werden könnten, die ihnen bei der Durcharbeitung des Buches aufgefallen waren. Ihnen allen sei für die bezeugte Anteilnahme auch an dieser Stelle herzlich gedankt. Die freundschaftlichen Ratschläge wurden berücksichtigt, soweit ihre Berechtigung anerkannt werden konnte. — Die Änderungswünsche, die sich in den wenigen der bisher veröffentlichten Besprechungen der 4. Auflage befinden, konnten noch keine Berücksichtigung finden, weil diese so unerwartet rasch vergriffen war, daß die Herausgabe der neuen Auflage schon abgeschlossen war, ehe die Besprechungen bekannt wurden. — Herr Dr. *Erich Bochm* hatte wiederum die Liebenswürdigkeit, mich beim Lesen der Korrekturen zu unterstützen; ihm sei dafür hier der herzlichste Dank ausgesprochen.

(Vorwort von *Wilhelm Hillers*.)

**Graphische Papiere und ihre vielseitige Anwendung** zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium, zu technischen und wissenschaftlichen Arbeiten aller Art. Mit leichtfaßlichen Anleitungen zusammengestellt von

*W. Grosse.* Düren, Carl Schleicher & Schüll. Gr. 8°. IX, 179 S. und 174 Fig. Preis M. 15,—.

Der Verfasser hat in dem 1917 geschriebenen Vorwort zu diesem 1919 erschienenen Buche mit Recht bemerkt: „In Schule und Haus, in Krankenhäusern, Fabriken und technischen Betrieben, bei Behörden aller Art und statistischen Ämtern sind graphische Darstellungen wertvoll, um gewisse Zusammenhänge überhaupt zu ermitteln oder genauer zu verfolgen." Das Buch gibt zunächst in einer auch für Laien verständlichen Form eine Einführung in die graphische Darstellung; der Hauptteil des Buches („Spezialpapiere", von S. 65 an) gibt Anhaltspunkte dafür, welche der sehr bequemen graphischen Papiere der Firma Schleicher & Schüll für bestimmte Fälle verwendet werden sollen. Leistet häufig schon das Millimeterpapier gute Dienste, so werden Koordinatenpapiere, in denen entweder eine der Koordinatenrichtungen allein oder beide Koordinatenachsen geeignet geteilt sind (also statt in der Einheit der darzustellenden Größe als geeignete „Funktionsskala"), das Mittel bilden, um den Zusammenhang zwischen zwei Größen durch eine Gerade, wenigstens in einem bestimmten Bereich, darzustellen. Als Beispiel sei hier nur die „Streckung der Parabeln auf doppeltem Logarithmenpapier", S. 73, genannt, in dem die Parabeln $y = x^2$, $y = x^3$ *usw.* $y = x^{2/3}$, $x^{1/2}$ usw., $y = \frac{1}{\sqrt{x}}$, $y = \frac{1}{x^4}$ zu geraden Linien geworden sind, weil der Zusammenhang zwischen $\log y$ und $\log x$ (aus $y = x^n$, wo $n$ eine beliebige positive oder negative Zahl bedeutet, folgt $\log y = n \log x$) durch eine gerade Linie dargestellt wird.

In der Einleitung (S. 4—19) werden Beispiele aus der Meteorologie, der Physik, der Mathematik, der Technik zu einführenden Erläuterungen der graphischen Darstellung benutzt. Dann werden behandelt: die gerade Linie (S. 20—23, beispielsweise Umwandlung von Celsiusgraden in Réaumur, graphische Fahrpläne), die Parabeln (S. 23—32 mit praktischen Beispielen aus der Statistik), gebrochene und unentwickelte Funktionen (S. 33—40, mit Beispielen aus der analytischen Geometrie, der Photometrie, der Meteorologie, dem Bankwesen und der Messung des elektrischen Widerstandes), transzendente Funktionen (S. 41—48, Exponentialfunktion, Logarithmus, Sinusfunktion usw. mit dem Hinweis auf die praktische Wichtigkeit der Exponential- bzw. Logarithmusfunktion), die Ableitungsfunktionen (S. 49—62, Steigung $y'$ einer Kurve $y$, näherungsweise Ermittlung durch Differenzenbildung, die verschiedenen Ableitungsfunktionen [Differentialquotienten], Integralkurven und Flächenberechnung, Wendepunkt, Hinweis auf die Darstellung einer beliebig gestalteten periodischen [Wellen-] Bewegung als Summe von Sinusschwingungen S. 60, zugehörige Figur S. 46).

Der Hauptteil „Spezialpapiere" beginnt mit den Logarithmenpapieren (S. 63—85), die in Deutschland zuerst durch Schleicher & Schüll hergestellt worden sind. In diesen Logarithmenpapieren ist mindestens für die eine der Koordinaten nicht die Maßzahl selbst, sondern ihr Logarithmus (zur Basis 10) aufgetragen. Je nachdem, ob die logarithmische Teilung von 1 bis 10 (kann ebenso 0,1 bis 1 oder auch 0,01 bis 0,1 usw. bedeuten) einmal oder mehrmals hintereinander, immer wieder mit 1 beginnend, vorkommt, spricht man von einstufigem oder mehrstufigem Logarithmenpapier. Die Unterscheidung zwischen Einfach-Logarithmenpapier und Doppelt-Logarithmenpapier gründet sich darauf, daß bei dem ersten nur die eine Koordinate logarithmisch geteilt ist im Gegensatz zum zweiten, dessen beide Koordinaten logarithmisch geteilt sind. In dem eingangs genannten Beispiel der Parabeln (S. 73) ist Doppelt-Logarithmenpapier angewandt worden, und zwar dreistufig für die Abszissen und zweistufig für die Ordinaten. Von den Beispielen für die Anwendung des Einfach-Logarithmenpapiers seien genannt die Bevölkerungskurven (Jahre in mm-Teilung als Abszissen, Logarithmus der Bevölkerungszahl als Ordinate, S. 80 und 110 unten), die Lichtdurchlässigkeit für ein absorbierendes Mittel (S. 81, Schichtdicke in mm-Teilung als Abszisse, Logarithmus der Durchlässigkeit als Ordinate). Aus den Beispielen für die Benutzung von Doppelt-Logarithmenpapier verdienen Erwähnung die Darstellung der Wasserförderung (bei gegebenem Rohrdurchmesser) vom Druckabfall (S. 82), die Zustandsgleichung der Gase (S. 83, dort noch andere Beispiele), das Wiensche Verschiebungsgesetz (S. 110 oben).

Der Abschnitt S. 86—124 bringt zahlreiche Beispiele für normale (d. h. Millimeter-) Papiere und für logarithmisch geteilte Papiere aus der Meteorologie, der Mechanik, der Wärme-, der Licht-, der Elektrotechnik, der Versicherungsmathematik (S. 103) und der Astronomie (S. 121—124). Auch schießtechnische Anwendungen (S. 88 unten, 96, 109, 111) sind als Beispiele herangezogen worden. Unter anderen ist die graphische Summierung von $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}$ (S. 89, 92, 120—121) behandelt worden, die sowohl für die Optik als für die Elektrotechnik von Bedeutung ist.

Besonders zu beachten sind die Erklärungen auf S. 65, 71 und die praktischen Winke auf S. 118—121, 151—153.

Auf S. 125—140 und 164—167 sind die Polarkoordinaten- oder Kreispapiere und ihre Anwendungen behandelt. Wir nennen daraus nur die archimedische, die logarithmische und die hyperbolische Spirale, die Kegelschnitte, die Anwendungen in der Lichttechnik (S. 94—95, 140).

Die Dreieckspapiere (S. 141—142, 158, 172) sind am Platze bei der graphischen Darstellung für Gemische aus drei Stoffen oder aus drei Farben.

Die Sinuspapiere (S. 142—149) kommen für die Darstellung von periodischen Vorgängen, die in der Meteorologie, in der Technik und in der Astronomie sehr häufig vorkommen, in Betracht.

Ein besonderer Abschnitt (S. 149—151) ist den Dispersionspapieren nach *J. Hartmann* gewidmet.

Auf S. 162—174 ist noch auf einige besondere Papiere hingewiesen worden, so auf Papiere für Tages-, Monats- und Jahresübersichten (S. 162—164).

In einer Literaturübersicht (S. 154—164) wird über Arbeiten von *A. Schreiber, O. Weißhaar, N. A. Halbertsma, P. Luckey, L. Isakow, P. Schreiber, H. Kraus, Tetens, M. Grosse, Teichmüller, C. Kaßner* und *Paul Hirsch* berichtet. Zu wünschen wäre hier noch, daß der Verfasser bei einer Neuauflage des Buches die im Text und im Vorwort genannten Veröffentlichungen ebenfalls in dieser zusammenfassenden Übersicht anführt.

Übersichten der Bilder (S. 175—179) nach Seitenzahl und nach Fachgruppen erleichtern die Benutzung des Buches. Hoffentlich entschließt sich der Verfasser später dazu, in der letzten Übersicht die Gruppe Physik und Technik noch weiter zu gliedern.

Wir schließen mit dem Wunsche, daß das Buch recht viele aufmerksame Leser finden möge. Sagt doch

*Große* (S. 164) mit Recht: „Wer graphische Darstellungen zu lesen versteht, weiß, daß sie Gedächtnis und Denken ganz außerordentlich zu entlasten vermögen. Sie geben in Viertelstunden, was uns Bücher und Akten beim Durcharbeiten in Tagen geben."

*H. Erfle, Jena.*

**Strasburger, E., Das botanische Praktikum.** 6. Aufl., bearb. von *M. Koernicke*. Jena, Gustav Fischer, 1921. XVI, 873 S. und 250 Textabb. Preis geh. M. 120,—; geb. M. 135,—.

Das Strasburgersche Botanische Praktikum erscheint zum zweiten Male seit dem Tode seines Begründers in neuer Auflage, ein Beweis dafür, daß auch der neue Herausgeber es verstanden hat, dem Buche seine Vorzüge zu erhalten und es den modernen Bedürfnissen anzupassen. Die Anordnung des Stoffes ist unverändert geblieben. Im einzelnen zeigt sich aber überall, daß das Buch einer genauen Durchsicht unterzogen worden ist. Die Literaturangaben sind soweit als möglich ergänzt. Es ist von jeher ein Vorzug des Buches gewesen, daß die mikroskopische Technik eine sehr ausführliche Berücksichtigung erfahren hat. In der Tat wird man in dieser Hinsicht über alle einschlägigen Fragen ausführlich und zuverlässig beraten. Ein besonderes Register ist diesem Gebiete gewidmet und erleichtert die Orientierung. Reichlich die Hälfte des Buches wird von der Anatomie der Gefäßpflanzen eingenommen. Dann folgen einige Kapitel über den vegetativen Aufbau der Moose, Algen und Pilze, schließlich eine größere Reihe von Abschnitten, die die Fortpflanzung der niederen und höheren Pflanzen behandeln. Vielleicht ließe sich dadurch, daß Vegetations- und Fortpflanzungsorgane der Moose, Algen und Pilze jeweils zusammen im gleichen Kapitel behandelt würden, etwas Raum gewinnen, der sich für eine etwas ausführlichere Behandlung einiger Gruppen niederer Pflanzen nutzbar machen ließe. So möchte Referent eine etwas eingehendere Besprechung der Braun- und namentlich der Rotalgen, die gar zu knapp weggekommen sind, befürworten (Batrachospermum oder Nemalion sollten doch nicht fehlen). Unter den Pilzen würde eine genaue Beschreibung von Saprolegnia oder Achlya, von Cystopus und dem so genau untersuchten Pyronema dem Buche zugute kommen. Als kleine, rein äußerliche Änderung, die die Benutzung des Buches erleichtern würde, möchte Referent vorschlagen, an Stelle der Abschnittnummern am Kopfe einer jeden Seite den Inhalt des betr. Abschnittes mit ganz kurzen Stichworten anzugeben. — Diese Bemerkungen sollen jedoch in keiner Weise das günstige Urteil über das Buch beeinträchtigen. Es gibt in der Tat wenige Wissenschaften, die über eine so ausgezeichnete methodische Einführung verfügen, wie sie in *Strasburgers* Praktikum vorliegt. — Die Ausstattung des Buches unterscheidet sich in keiner Weise von derjenigen der vor dem Kriege erschienenen 5. Auflage. Das Illustrationsmaterial ist um drei farbige Textbilder vermehrt worden. Bei dem großen Umfange des Werkes darf der Preis (120 M.) als ein unter den gegenwärtigen Umständen sehr mäßiger bezeichnet werden.

*H. Knieр, Würzburg.*

**Strasburger, E., Das kleine Botanische Praktikum für Anfänger.** 9. Aufl., bearb. von *M. Koernicke*. Jena, Gustav Fischer, 1921. X, 272 S., 188 Holzschnitte und 3 farbige Textbilder. Preis geh. M. 40,—; geb. M. 50,—.

Über den „Kleinen Strasburger" läßt sich im allgemeinen dasselbe sagen wie über seinen „großen Bruder" (siehe obiges Referat). Während letzterer dem angehenden Botaniker als Einführung in seine Wissenschaft dienen soll, wendet sich das vorliegende Buch an diejenigen, die sich mit Botanik als Nebenfach zu beschäftigen haben, oder die als Autodidakten eine Grundlage für die Handhabung des Mikroskops und die mikroskopische Untersuchung gewinnen wollen. Die Einteilung entspricht ganz der in der großen Ausgabe. Zum größten Teil ist der Text wörtlich herübergenommen, natürlich unter sehr starken Kürzungen. So ist vor allem die Einleitung sehr stark zusammengestrichen, da die vielen komplizierten Hilfsmittel, die dort in der großen Ausgabe ausführlich beschrieben sind, für den Anfänger entbehrlich sind. Es fehlen auch zum allergrößten Teile die zahlreichen speziellen Erörterungen mikroskopisch-technischer Art, die im großen Praktikum einen breiten Raum einnehmen. — Die Zahl und schnelle Folge der Auflagen zeigt, daß auch dieses Buch sich bewährt hat. Es wird gewiß auch weiterhin dazu beitragen, der Naturwissenschaft neue Jünger zu gewinnen.

*H. Knieр, Würzburg.*

---

## Zuschriften und vorläufige Mitteilungen

### Wie kommt es, daß die Erde zum überwiegenden Teil aus Eisen besteht?

Diese Zeilen bilden einen Versuch, eine Erklärung dafür zu finden, daß die Erde zum überwiegenden Teil aus Eisen besteht. Stellt man sich auf den Boden der Kant-Laplaceschen Theorie, so ist die Erde entstanden aus Sonnenmaterie, welche sich vor der Ablösung der Erde von der Sonne in deren äußersten Schichten befand. Ist diese Voraussetzung zutreffend, so folgt mit zwingender Notwendigkeit (da spätere radioaktive Umwandlungen nicht in Frage kommen), daß die äußere Hülle der Sonne zu jener Zeit im wesentlichen aus Eisen bestanden haben muß. Auf der Suche nach einer Erklärung dafür liegt es nun nahe, zu vermuten, daß in jener Epoche das Eisen in der Sonnenatmosphäre die gleiche Rolle gespielt hat wie heute das Calcium, welches ja, ungeachtet seines Atomgewichts, in der Sonnenatmosphäre weitaus die größte Höhe — bis zu 14 000 km — von allen Elementen erreicht. Hierfür hat *Megh Nad Saha* die Erklärung gegeben, daß die Calciumatome durch den Druck der Sonnenstrahlung besonders stark beeinflußt würden, da die Resonanzwellenlänge des (ionisierten) Calciums dem Energiemaximum der Sonnenstrahlung sehr nahe benachbart ist. Auch die Eisenlinien werden in der Sonnenatmosphäre noch in auffallend großen Höhen beobachtet, und man muß daher auf Grund der Theorie *Sahas* vermuten, daß auch jetzt noch die Eisenatome einen relativ sehr großen Strahlungsdruck erfahren. Wahrscheinlich ist eine gar nicht sehr erhebliche Änderung der Sonnentemperatur notwendig, damit an Stelle des Calciums das Eisen die größten Höhen in der Sonnenatmosphäre erreicht. Hierzu dürfte der Spielraum bis zu 9000° — der höchsten Temperatur, die die Sonne nach *Eddington* je gehabt haben kann — wohl mehr als ausreichend sein. Es ist also die Richtigkeit der oben ausgesprochenen Vermutung jedenfalls nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen.

Berlin, den 7. Februar 1922. *W. Westphal.*

### Die Möglichkeit einer Prüfung des Satzes von der Gleichheit der trägen und der schweren Masse auf astronomischer Grundlage.

Bekanntlich ist der Satz von der Gleichheit bzw. Äquivalenz der trägen und der schweren Masse die unmittelbarste Folge aus der der allgemeinen Relativitätstheorie zugrunde liegenden „Äquivalenzhypothese". Für die Richtigkeit dieses Satzes werden, soweit ich sehe, zwei Arten von experimentellen Beweisen angeführt. Einmal der — allerdings nur sehr wenig genau nachprüfbare — gleich schnelle Fall aller Körper im Schwerefeld an der Erdoberfläche, dann die außerordentlich genauen Pendelversuche von *Eötvös*. Mir scheint, daß eine dritte Klasse von Erscheinungen niemals zu einer möglichst exakten Nachprüfung herangezogen worden ist, nämlich die Planeten- und Mondbewegungen.

Nehmen wir einmal an, das Verhältnis $\alpha$ der trägen zur schweren Masse sei keine universelle Konstante, sondern von der physikalischen und chemischen Natur der Körper abhängig, so müßte das 3. Keplersche Gesetz folgendermaßen lauten:

„Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich, wie die mit dem Verhältnis der trägen zur schweren Masse multiplizierten Kuben der großen Halbachsen der Planetenbahnen":

$$\frac{\tau_1^2}{\tau_2^2} = \frac{\alpha_1\, a_1^3}{\alpha_2\, a_2^3}$$

Da die physikalische und chemische Beschaffenheit der äußeren und inneren Planeten jedenfalls sehr verschieden ist, so wäre es wohl denkbar, daß sich Verschiedenheiten in dem Verhältnis der beiden Massen durch Abweichungen von dem — in der üblichen Form ausgesprochenen — 3. Keplerschen Gesetz bemerkbar machen könnten.

Auch bei den Mondbewegungen müßten sich etwaige Verschiedenheiten der Massenverhältnisse bemerkbar machen, z. B. bei der Bewegung des Erdmondes, dessen physikalische und chemische Beschaffenheit zweifellos von der der Erde wesentlich unterschieden ist. Nehmen wir z. B. an, daß das Massenverhältnis $\alpha$ bei der Erde größer ist als beim Monde, und daß die Erde keine Anziehung auf den Mond ausübte, so wäre die Umlaufzeit der Erde um die Sonne größer als die des Mondes. Es hätte also der Mond eine Tendenz, der Erde vorauszueilen. In welcher Weise sich diese Tendenz bei der Mondbewegung in Wirklichkeit äußern würde, kann ohne Rechnung nicht übersehen werden.

Es wäre sehr zu begrüßen, wenn diese Anregung zu einer Prüfung dieser physikalisch so außerordentlich wichtigen Frage von zuständiger astronomischer Seite führen würde.

Berlin, den 7. Februar 1922. *W. Westphal.*

---

## Geographische Mitteilungen.

**Die geographische Bedingtheit der Erscheinungen des menschlichen Lebens in Nordafrika.** (*E. F. Gautier, Nomad and sedentary folks of Northern Africa*, the Geographical Review *11*, 3—15, 1921.) In der algerischen Sahara herrschen zwei Landschaftstypen vor, das Netzwerk großer, in der Quartärzeit erodierter Täler (*Wadis*) und die durch Auswehung aus ihnen entstandenen Dünenfelder (*Erg*). Mit spärlicher Vegetation bedeckt, sind beide zur nomadischen Viehwirtschaft geeignet. Dauersiedlung ist nur möglich an Stätten, wo das artesische Grundwasser erschlossen und in Kanäle verteilt, zur Bodenbenetzung verwendet wird, in den Oasen. Da die Verschiedenheit der Weidegründe — steiniger Boden, weicher Sand — die weidenden Kamele zu verschiedener Anpassung nötigt, derart, daß sie an den einen gewöhnt, den anderen meiden, hat sich eine Teilung der Weidegebiete vollzogen: In den Erg herrschen die arabischen, von der mittelmeerländischen Kultur berührten *Schambas*, in den küstenferneren Wadis die rein berberischen, wenig von außen beeinflußten *Tuareg*. Die Bewohner der Oasen, arabisch *Haratin* genannt, d. h. ursprünglich etwa „Bauer", gegenwärtig aber in „Mulatten" umgedeutet, stellen den im Daseinskampf minder erfolgreichen, von den Weiden verdrängten oder ihrer Herden beraubten Bevölkerungsbestandteil vor. Lag schon in der Tatsache der Seßhaftigkeit eine Benachteiligung der Haratin, so wurde ihre Unterlegenheit gegenüber den Nomaden mit der Zeit immer größer, weil das städtische Leben in den überdies der Malaria ausgesetzten Oasen weniger förderlich und stählend ist als das unseßhafte der Nomaden mit seinen Anforderungen an Widerstandsfähigkeit, Mäßigkeit und steter Kampfbereitschaft. Physisch verrät sich dieser Unterschied in dunklerer Hautfarbe der Haratin, die auf die die helleren Typen ausmerzende Malaria zurückgeführt wird, bei der aber wohl auch Blutmischung (Neger) mit im Spiele ist, in politischer Hinsicht in der Herrschaft der Nomaden über die Oasenbewohner, die ihm Tribut zahlen müssen, seine Hörigen sind, wenige seßhafte Stämme ausgenommen, wie die M'zabiten und Kabylen, die zäh ihre Unabhängigkeit verteidigen. Die starken Befestigungen der Oasen richten sich demgemäß nicht gegen die Nomaden, sondern gegen wettbewerbende Nachbaroasen. Zu Feindseligkeiten gegen die festen Niederlassungen haben die schweifenden Hirtenstämme um so weniger Anlaß, als sich beide zu einer wirtschaftlichen Einheit zusammenschließen, jene liefern diesen den Bedarf an Anbauerzeugnissen, Hirse, Weizen, Datteln im Austausch gegen die Produkte der Weberei und Gerberei und die Waren ferner Erzeugungsstätten. Ferner ist die Oase dem einsamen Wüstenbewohner eine Stätte vorübergehender Anregung und Zerstreuung, ähnlich wie die Hafenstadt dem Seemann. Dem gegenseitigen Verhältnisse entspricht es, daß der Nomade sehr selbstbewußt und stolz ist und die seßhaften Siedler als verachtete Klasse betrachtet.

In der östlichen Fortsetzung der algerischen Sahara, in der lybischen Wüste, herrscht die äolische Abtragung gegenüber der Erosion vor. Statt der Wadis treten von Zeugenbergen besetzte steinige Rumpfflächen auf, denen gewaltige, undurchdringliche Ergmassen entsprechen. An großen Wiesenflächen ist Mangel, während umgekehrt im Niltale und in den großen Senken (Baharia, Farafra, Siwa usw.) vorzügliche Grundlagen für die Oasensiedlung gegeben sind. Hier hat sich infolgedessen die seßhafte Bevölkerung zu hoher Macht erhoben, während die schweifende in Schranken gehalten wurde. War im Westen die Oasenkultur bescheiden geblieben, so hat sie sich hier im Ägypterreich schon frühzeitig zu höchster Blüte erhoben. Übten dort die Nomaden weitreichenden Einfluß aus — Tuaregvölker drangen nach Spanien und Frankreich ein, Schambas herrschten in Fez und Tlemcen —, so nimmt hier der nomadische „Beduine" als Führer und Begleiter von Karawanen u. dgl. eine dienende, nicht sonderlich geachtete Stellung ein. Wenig kriegerisch, fand er auch

im Weltkriege keine Verwendung, während die algerischen Nomaden mehrere Hunderttausend Soldaten stellten!

**Bevölkerungspolitik unter den Eingeborenen Afrikas.** (*An overpopulated island*; The Geographical Review 9, 186, 1920.) Ein bemerkenswertes und lehrreiches Beispiel zielbewußter Bevölkerungspolitik bei Naturvölkern bietet die im südöstlichen, ehemals deutschen Teile des Viktoriasees gelegene Insel Bukara. Sie beherbergt auf einer Fläche von 57 km² 19 000 Menschen, weist also die beträchtliche Bevölkerungsdichte von 333 auf 1 km² auf, und diese Zahl erfährt noch eine Steigerung ihrer Bedeutung durch die verhältnismäßige Ausdehnung steinigen Ödlandes und die Minderung des Bodenertrages durch äckerverwüstende Regengüsse. Da einer Abwanderung nach der benachbarten Küste bisher offenbar der Widerstand der dort ansässigen Stämme hinderlich war, waren die Inselleute zur Lösung eines Problemes gezwungen, wie es in der Regel nur Kulturvölkern gegenübertritt. Sie bewältigten es in erster Linie durch äußerste Ökonomie der Nahrungsfläche, nämlich durch Ausnützung jedes ertragreichen Bodenfleckchens wie durch Schutzbauten gegen die Abspülung. Ferner durch zweckmäßige Aufteilung des Nutzlandes nach Absonderung gemeinsamen Weidelandes und durch eine strenge Grenzordnung. Nächstdem erstrebte man möglichste Steigerung der Erträge durch sorgsame Düngung des Bodens und intensive Wirtschaft. Nichts wird verschwendet, alles ausgenutzt, selbst das gefallene Laub der oft einzeln verpachteten und vom Familienvater astweise unter die Söhne verteilten Fruchtbäume findet Verwendung. Weidebrand wird nicht geübt; das trockene Gras dient, vom Dorfhäuptling zugemessen, zur Bedachung der einfachen, Mensch und Tier beherbergenden Hütten. Sparsamer Bewirtschaftung unterliegt auch ein Tonlager; das Korn wird auf bloßem Fels gemahlen. Zu dieser umsichtigen, mit der Erziehung zu hochentwickelter Rechtsauffassung Hand in Hand gehenden Wirtschaft trat eine gewisse künstliche Beschränkung des Geburtenzuwachses durch Tötung der Zwillinge, eine Unsitte, die der Europäer zu unterdrücken sich anschickt. Bei alledem erscheint das mögliche Ziel der Bevölkerungspolitik bereits restlos erreicht, so daß nunmehr mit einer Abwanderung nach dem Festlande in den kommenden Jahren zu rechnen ist.

**Lehren der Volkszählung in Puerto Rico** (*The population of Porto Rico*; The Geographical Review 11, 140, 1921). Die Ergebnisse der 1920 vorgenommenen Volkszählung auf Puerto Rico sind im Vergleiche mit den früheren von einer gewissen allgemeinen Bedeutung, insbesondere auch, weil sie den Einfluß der Einbeziehung dieser alten spanischen Kolonie in das amerikanische Wirtschaftsleben zeigen. Im Jahre 1910 betrug die Volkszahl 1 118 012; die Bevölkerung war außerordentlich gleichmäßig über die Insel verstreut. Der Anteil der städtischen Bevölkerung, die sich hauptsächlich in den zu den Mittelstädten zu rechnenden Orten San Juan und Ponce (heute 70 707 bzw. 41 561 Einwohner) zusammenfand, betrug 1899 14 %, 1910 20,1 %, 1920 20,8 %. Es setzte also nach der amerikanischen Besetzung ein erhöhter Zuzug zur Stadt ein, jedoch nur ein vorübergehender, der offenbar mit der zeitgemäßen Einrichtung des wirtschaftlichen Lebens in der in spanischer Zeit verwahrlosten Kolonie in Zusammenhang steht und nichts mit der symptomatischen Landflucht der Kulturländer zu tun hat. Dagegen beginnt die weitere Steigerung der schon früher beträchtlichen Volkszunahme — 16 %, fast ebensoviel vor 1910 — ein anderes Problem zu zeitigen. Die Volksdichte beträgt nämlich jetzt 125 auf den Quadratkilometer, ein Wert, der mit dem der Poebene zu vergleichen ist und bei dem das Land an der Grenze seiner Menschenaufnahmefähigkeit angelangt zu sein scheint. Es erhebt sich die Frage, wie der Bevölkerungsüberschuß zu ernähren ist. Die Sorge, die sie der amerikanischen Regierung bereitet, und die auch schon in der Literatur zur Sprache gekommen ist, läßt darauf schließen, daß die Auswanderung Schwierigkeiten begegnet und daß die Industrialisierung der Insel durch die Amerikaner bereits an der Grenze der bodenbedingten Möglichkeiten angekommen ist. Da die Verhältnisse im ganzen westindischen Inselgebiete ähnliche sind, so dürfte in absehbarer Zeit hier ein neues Zentrum übermäßiger Menschenansammlung mit allen wirtschaftlichen und sozialen Folgen in Erscheinung treten.

**Die Klimazonen Japans** (*Climatic zones of Japan and Formosa;* The Geographical Review 11, 145, 1921). Den Wärmeverhältnissen nach gliedert sich Japan in drei durch die Januarisothermen von +0,6 und +4,4° C. (aus Fahrenheitgraden umgerechnet) abgegrenzte Zonen. Die erste, Jesso und Nordnippon umfassend, ist durch eine bedeutende Wärmeschwankung ausgezeichnet. Der Unterschied zwischen mittlerer Sommer- und Wintertemperatur beträgt bis zu 34° C. und ist schärfer ausgesprochen als der des klimatisch mit Jesso vergleichbaren Neufundland. Die Niederschläge, im September gehäuft, betragen nur 600 mm. Südwärts nimmt die Wärmeschwankung ab und steigern sich die Niederschläge. Die zweite oder Zentralzone, die zwei südlichen Drittel Nippons umschließend, unterliegt einer klimatischen Längsteilung. Im Zusammenhange mit den Luftdruck- und Windverhältnissen über Asien hat die östliche Abdachung ihre Regenzeit im Sommer, die westliche gleichzeitig durch größere Bewölkung und Nebelreichtum ausgezeichnete im Winter. In ihrem südlichen Teile wird zweimal geerntet, Reis im Sommer, Weizen im Winter. In der Südnippon, Shikoku und Kiushiu umfassenden Südzone ist der Winter im Verhältnis zur Breite kühl, der Sommer tropisch heiß, feucht und erschlaffend. Das unter dem Wendekreise liegende Formosa hat ausgesprochenes Monsunklima: schwere Wintermonsunregen im Norden und Osten — Kashoryo gehört mit 8670 mm zu den feuchtesten Punkten Ostasiens —, leichte südwestliche Regen im Sommer, vermehrt um die im Gefolge von Taifunen auftretenden unregelmäßigen Güsse.

**Die Wälder Patagoniens** (*H. N. Whitford, The Patagonian forests*, The Geographical Review 11, 141, 1921). Ein 1916 erschienener Bericht des argentinischen Ackerbauministeriums gibt folgende Gliederung der patagonischen Waldregion, die durch 22 Breitengrade hindurch dem südlichsten Abschnitte der Anden bis zum Feuerlande folgt:

1. Subregion der *artenreichen Regenwälder* (chilotischer Wald *Steffens*, vgl. Nat. *VIII*, 281, 1920). Von 38°—48° s. Br. (weiter nordwärts entwaldet) in niederschlagreichem, in niederen Lagen mildem, frost- und schneefreiem Gebiete. Der Wald hat mehr subtropischen als antarktischen Charakter. Seine wesentlichsten Vertreter sind: Nothofagus obliqua (roble), procera (rauli), Dombeyi (coihue), immergrüne Buchen und die Koniferen Libocedrus (cipres), Fitzroya patagonica (alerce), Podocarpus.

2. Subregion der *artenarmen Regenwälder* (magellanischer Wald *Steffens*). Von 48°—55° s. Br. in kühlerem Klima unter gleichen Niederschlägen. Der Leitform Nothofagus betuloides (guindo) sind einige andere Arten und Unterholz beigemengt.

3. Subregion der *reinen Bestände*, in einem schmalen Gürtel trockenen Klimas östlich und nördlich der Regenwälder vom Feuerlande bis zum nördlichen Teile des Territoriums Neuquén verlaufend, nach außen in waldfreie Regionen übergehend. Die Leitformen Nothofagus pumila (lengue) und antarctica (ñire) erscheinen in fast reinen Beständen. Die Waldgrenze steigt nordwärts von 1300 bis 2000 m an.

4. Subregion der *chilenischen Fichte* (Araucaria imbricata), in den Kordilleren von 40°—37° s. Br., auf der chilenischen Abdachung zwischen 38° und 37°; hier mehr gemischt, auf der argentinischen in reineren Beständen. Die Waldgrenze steigt von 700 m in 40° auf 2000 in 37° s. Br. an.

**Die gesundheitlichen Verhältnisse in Mexiko, allgemein geographisch betrachtet.** (*Ellsworth Huntington*, the relation of health to racial capacity: the example of Mexico; The Geographical Review *11*, 243, 1921.) In diesem Aufsatze wird, von der Voraussetzung ausgehend, daß die Sterbeziffer ein Maß für den gesundheitlichen Wert eines Erdraumes sei, an dem Beispiele von Mexiko versucht, die geographische Komponente des gesundheitlichen Zustandes herauszuarbeiten und durch Vergleich mit andern Ländern für die heißen und warmen Gebiete der Erdoberfläche allgemein gültige Gesetze zu ermitteln. (Da die Beziehung zwischen Rasse und Gesundheit in dem Aufsatze nur eine untergeordnete Rolle spielt und bei weitem nicht in dem Maße vergleichend behandelt wird wie das Klima, so entspricht der Titel dem Inhalte nur unvollkommen.) In Mexiko gestalten sich die Gesundheitsverhältnisse auf Grund amtlicher — nicht durchweg zuverlässiger — Erhebung folgendermaßen: Die Malaria sucht hauptsächlich die Tieflandregionen, namentlich den tropischen Süden heim, der auch die meisten Fälle von Dysenterie aufweist. Das Hochland bevorzugen Pocken, Typhus und die Erkrankungen der Atmungsorgane mit Ausnahme der Tuberkulose, die vornehmlich in Niederkalifornien und Sonora und in Yucatan verbreitet ist. Der mittleren Sterblichkeit nach steht Mexiko in der Reihe der anderen Länder an ungünstiger Stelle, und zwar nicht nur das tropische Tiefland, sondern auch das allgemein für gesund gehaltene Hochland (Berlin 15,2 auf 1000; Veracruz 41,2; Mexiko (Stadt) 45,7; Lucknow 58,5). Ganz besonders groß ist bei hohem Geburtenüberschuß die Sterblichkeit der Säuglinge (241,0, wenn nicht gar 365,0, Deutschland (1914) 192,0), wie der Kinder überhaupt (bis zum Fünffachen der unter der weißen Bevölkerung der Union). — Was die Ursache dieser zum mindesten für das gemäßigte Hochland auffallend ungünstigen Ziffer anlangt, so verwirft *Huntington* — und damit beginnt das Eigenartige seiner Anschauung — die Ansicht des mexikanischen Autors *A. J. Pani*, die schlechte Verwaltung und die überaus mangelhafte Gesundheitspflege trügen die Schuld. Sich auf Indien und Ägypten berufend, wo trotz aller hygienischen Maßnahmen der Engländer die Sterbeziffern noch höher seien, erblickt er die wahre Ursache vielmehr in erster Linie in der Wirksamkeit klimatisch bedingter Schädlichkeiten. Die vergleichende Statistik läßt ihn drei Gruppen gesundheitlich verschieden ausgestatteter Tropenregionen erkennen: heiße und feuchte Tiefländer mit mittlerer Sterbeziffer von 34,6 (Veracruz, Calcutta); kühle und trockene Hochländer mit einer solchen von 37,6 (Mexiko-Stadt, Johannesburg), heiße und trockene Tiefländer (53,8; Kairo, Lucknow). Hieraus folge, daß tropische Hochländer keineswegs den Ruf verdienten, den sie in gesundheitlicher Hinsicht genössen, und daß die Trockengebiete im allgemeinen der Gesundheit minder zuträglich seien als die feuchten. Den Beweis erblickt er in dem Ansteigen der Sterbeziffer während der trockenen Jahreszeit, nicht nur in Mexiko, sondern auch in Indien wie auch unter gemäßigtem Klima — in Boston; des weiteren auch in ihrem nachweislichen Sinken bei ansteigender Luftfeuchtigkeit, äußerste Grade der Wärme und Feuchtigkeit ausgenommen. Die Temperatur allein sei weniger durch ihre äußersten Werte als durch ihre Schwankung innerhalb des Jahres von Wirkung, und zwar von um so ungünstigerer, je gleichförmiger sie ist. Diesen von Haus aus ungünstigen gesundheitlichen Verhältnissen sei die mexikanische Bevölkerung im ganzen wenig gewachsen; unter den Indianern wie unter den Kreolen seien die tüchtigeren Typen durch den so langen Aufenthalt unter den ungünstigen Umständen allmählich durch natürliche Auslese ausgemerzt worden (the more active and nervous types seem to have been largely weeded out by natural selection)!

*Huntingtons* Ausführungen zeigen ein in großem Umfange für die europäische Besiedelung als vorzüglich geeignet angesehenes Land in düsterer Beleuchtung, nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für die Zukunft, zumal bei der jetzigen Zusammensetzung der Bevölkerung. Angesichts des Mangels außergewöhnlicher gesundheitlicher Gefahren, wie es etwa Gelbfieber und Schlafkrankheit sind, und der augenscheinlichen Annäherung der hauptsächlichsten Klimafaktoren an die der alten Kulturländer im Mittelmeergebiete, erscheint die schlimme Prognose doch anfechtbar, und man tut gut, mit *Pani* die Erfolge der bislang noch ausstehenden gesundheitlichen Maßnahmen abzuwarten. Die günstigen Erfahrungen, die man in anderen tropischen Hochländern bezüglich der Besiedelbarkeit zunehmend macht (Brasilien, Angola), bilden einen triftigen Einwand gegen *Huntingtons* von der herrschenden abweichende Wertung der tropischen Ländertypen. Was im übrigen eine gesundheitsgeographische Einteilung der Tropen anlangt, so setzt sie eine Fülle geographischer, klimatologischer, pathogenetischer, rassebiologischer und statistischer Erfahrung voraus. Mit *Huntingtons* Mitteln, einem spärlichen, z. T. anfechtbaren Zahlenmateriale und dem auf gröbste klimatische Merkmale gestützten Vergleiche vermag man in einen so gewaltigen und vielgestaltigen Erscheinungskomplex nicht einzudringen.

**Hokkaido, das japanische Nordland** (*Wellington D. Jones, Hokkaido, the northland of Japan;* the Geographical Review *11*, 16—30, 1921). In seinem überwiegenden Teile gebirgig, z. T. von edelgeformten Vulkankegeln besetzt, reich an reißenden Flüssen und arm an ausgedehnteren Ebenen, ähnelt Hokkaido, die Nordinsel Japans, topographisch und landschaftlich den übrigen Inseln dieses Archipels. Indessen besteht in klimatischer Hinsicht ein auffallender Gegensatz: Gleicht das Klima der Hauptinsel Hondo, dem mediterranen Carolinas an der Ostküste der Union, so das Hokkaidos dem kühlen und kontinentalen Wisconsins am oberen und Michigansee. Die Anbauerzeugnisse der Hauptinsel und des „Nordlands" — das bedeutet der Name Hokkaido — Reis auf der

einen, Bohnen, Erbsen, Kartoffeln auf der anderen Seite, kennzeichnen diesen Gegensatz ebensosehr, wie die Tatsache, daß Hafer und Gerste, dort im Winter, hier im Sommer reifen. Nur in den Ebenen des Innern, die sich längerer Sommerdauer erfreuen als die Küste, nähert sich das Klima dem der südlichen Inseln, und zwar derart, daß die Grundlage aller japanischen Kultur, der Reisanbau, in gewissem Maße gegeben ist. So nahe es für die Japaner liegt, den Menschenüberschuß ihrer übervölkerten Inseln nach dem einsamen Hokkaido zu leiten, ist dies bis vor kurzem doch nicht geschehen. Die Rauheit des Wetters, gegen die die üblichen, dem subtropischen Klima angepaßten leichten Bambus-Papierbauten keinen Schutz gewähren, die frühere Anschauung von der Unmöglichkeit des Reisanbaues, die Notwendigkeit harter, ungewohnter Rodung der noch wenig gelichteten Walddecke, nicht zum mindesten auch der Hang an Heimat und Überlieferung schreckte die Japaner von der Besiedlung ab und überließ die Insel dem Restvolke japanischer Urbevölkerung, den Ainu. Erst seit 1880, nachdem man die Möglichkeit des Reisanbaues erkannt und unter Leitung amerikanischer Kolonisten die Klimaunbilden einzuschränken gelernt hatte, beginnt sich die Insel zu bevölkern und zwar in einem Maße, daß in einem Vierteljahrhundert ihre Sättigung mit Menschen erreicht sein wird. So befindet sich Hokkaido gegenwärtig mitten auf dem Wege von ursprünglichen Eingeborenen- zu moderner japanischer Kultur, vom urwüchsigen Raume zur gleichartigen Provinz eines hochentwickelten Landes. Mehr als die Hälfte des anbaufähigen Bodens liegt bereits unter dem Pfluge, wenn auch die Bodenbewirtschaftung noch nicht den Intensitätsgrad erreicht hat wie das „alte Japan", und noch Zeichen jugendlicher Entwicklung aufweist: Noch ragen häufig aus den gerodeten Feldern die Leichen durch Schälung zum Absterben gebrachter Bäume auf, noch ist vor allem die Viehzucht nicht im richtigen Verhältnis zu der verfügbaren Weidefläche und zum Bedarfe an Zugtieren — Fleischgenuß spielt in Japan eine geringe Rolle — gebracht. Dem Anwachsen der Anbaufläche entsprechend ist der Wald im Weichen begriffen. Seine der sonst in Japan verbreiteten Kampferbäume und immergrünen Eichen, entbehrenden Nadel- und Nutzholzbestände werden nicht nur durch die in neuen Ländern gebräuchlichen, verwüstenden Rodungsmethoden, sondern auch durch den Schneidemühlenbetrieb gelichtet, der die bequem heranzuflößenden Stämme verarbeitet. Von Bedeutung werden in naher Zukunft die Kohlenvorräte Hokkaidos sein, da die wenig größeren von Kiushiu in rascher Abnahme begriffen sind. Schon heute wird knapp ein Drittel der japanischen Kohle hier gefördert (3 700 000 t). Alle diese Wirtschaftszweige werden indessen die älteste Industrie, die sehr ergiebige Fischerei — auf den Hering im japanischen, den Kabeljau im ochotskischen Meere und den Lachs in den Flüssen —, von ihrer ersten Stelle nicht verdrängen.

**Die Perlfischereilande in der Torresstraße.** (*Th. J. Mc Mahon, The pearl fishers of Torres Straits islands*; The Geographical Review 9, 182, 1920.) Die wegen ihres gefährlichen Fahrwassers berüchtigte und von der Schiffahrt gemiedene Torresstraße wird durch eine Anzahl von Koralleninseln eingeengt, deren größere bewohnt sind. Hier entdeckten vor 30 Jahren wandernde Abenteurer in den Perlen der Riffe einen lohnenden Ausbeutungsgegenstand. Sie ließen sich auf den Inseln nieder, fischten mit ungestümer Gier die Flachsee auf Perlen ab und würden dabei die Eingeborenen durch Sklaverei und Verschleppung, Hunger und Krankheit zum Aussterben gebracht haben, wenn nicht in letzter Stunde die australische Regierung mit Unterstützung der Mission diesem Unwesen ein Ende gesetzt hätte. Seit ihrem Eingreifen herrscht Ordnung; die physisch und moralisch tüchtigen Inselbewohner haben sich dem Kolonialleben angepaßt und erfreuen sich guten Gedeihens. Auf die See angewiesen, haben sie bewunderungswürdige seemännische Fähigkeiten erlangt; in der Kenntnis der Untiefen und verborgenen Riffe, der unregelmäßigen Wind- und Strömungsverhältnisse und in der Überwindung der Brandung übertreffen sie den Weißen, von dessen geringerer Vertrautheit mit allen diesen Fährnissen zahlreiche Wracks zeugen.

Jede dieser Inseln hat ihre Besonderheiten: An der Murrayinsel offenbart sich in den mannigfach gefärbten, im Sonnenscheine unbeschreiblich leuchtenden Riffen, in dem Wechsel von Stranden und Hügeln, prachtvoller tropischer Pflanzenwelt und malerischen Eingeborenendörfern der ganze Zauber der Südseeinselwelt. Die Darnleyinsel weist mit ihren aus gewaltigen Blöcken in abenteuerlichen Formen errichteten, den ganzen Strand umgebenden, heute rätselhaft erscheinenden Fischfallen auf vergangene Südseekultur hin. Mabuiaginsel ist der Kulturmittelpunkt, das Olympia des Archipels, dessen Bewohner sich hier alle fünf Jahre zu festlichen, früher oft blutigen, jetzt unter dem Einflusse der Mission harmlos gewordenen Spielen vereinen. Die Yorkeinsel, auf deren Strand die Brandung noch jetzt alte Geschützrohre, Säbel und Münzen, vornehmlich spanischer Abkunft, wirft, erinnert an das Zeitalter der Südseeentschleierung. Auch knüpft sich an dieses Eiland das Gedenken an den Matrosen „Yankee Ned", einen amerikanischen Robinson, der, von einem Kriegsschiffe geflohen, hier lebte und zahllose Nachkommen hinterließ. Endlich ist das zum Hauptorte ausgebaute Thursday-Island mit seinen die Fahrstraße beherrschenden Festungswerken ein vorgeschobener Posten des britischen Imperiums.

**Die Kupfererzeugung der Erde während der letzten 120 Jahre.** (*The worlds copper production*; the Geographical Review *11*, 303/4, 1921.) Um 1800 betrug die Kupfererzeugung 15 000 t, die in der Hauptsache in Großbritannien, sodann aber in Rußland, Japan, Chile, Schweden (Falun), Norwegen und Deutschland (Mansfeld) gewonnen wurden. 1850 war der Verbrauch auf 60 000 t gestiegen. Zu den Produktionsländern waren Australien, Kapland, die Vereinigten Staaten und Kuba getreten. Bis 1870 schwang sich bei weiter wachsendem Bedarf Chile an die erste Stelle. 1883 befriedigte die Union als Hauptlieferer 26 % der auf fast 200 000 t gewachsenen Nachfrage. Nach 1900 wurde die nunmehr hauptsächlich infolge der Entwicklung der Elektrizitätsindustrie auf 7 333 000 t gesteigerte Ausbeute zu 51,5 % von der Union, zu 11,5 % von England, zu 10 % von Spanien und Portugal, zu 8 % von Südamerika, zu 6 % von Mexiko, zu 5 % von Japan und zu 4,5 % von Deutschland geliefert. Weiterhin verdoppelten die amerikanischen Länder und Japan ihre Erzeugung, während Serbien und Deutsch-Südwestafrika ausführend auftraten. Die Ausbeute der letzten Jahrzehnte schätzt man auf mehr als 10 000 000 t, d. i. mehr als die des ganzen vergangenen Jahrhunderts.

*B. Brandt.*

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: *Dr. Arnold Berliner*. Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.